

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**Determinación del grado de contaminación del suelo por hidrocarburos  
en la obra culminación de la carretera Iquitos – Nauta – 2004.**

**TESIS**  
**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**Autor:**  
Bach. Angelina Manay Gastelo

**Asesor:**  
Ing. Amb. Santiago Casas Luna

**MOYOBAMBA - PERÚ.**  
**2005**

Nº de Registro: 06061205



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGÍA  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, siendo las once a.m. del día Lunes 19 de Diciembre del dos mil cinco, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. M.Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA	PRESIDENTE
Ing. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA	SECRETARIO
Ing. ALFONSO ROJAS BARDALEZ	MIEMBRO

Ing. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA	ASESOR
----------------------------------	--------



Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado "DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA CULMINACIÓN DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA - 2004.", Presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental ANGELINA MANAY GASTELO; según Resolución N° 030-2004-UNSM-T/CTGFE de fecha 06-05-2004.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las 13:10 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. MIRTHA F. VALVERDE VERA  
Presidente

Ing. YRWIN F. AZABACHE LIZA  
Secretario

Ing. ALFONSO ROJAS BARDALEZ  
Miembro

Ing. SANTIAGO A. CASAS LUNA  
Asesor

### **DEDICATORIA**

A mis queridas hijas Leslie Christine y Kiara Nicole, apoyos espirituales, fuentes permanentes de mi superación.

A la memoria de mi hermanito Luis Dagnni, quién de la mano de Dios me supo guiar y fortalecer en los momentos críticos que se me presentaron durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, permitiéndome alcanzar las metas trazadas.

***Bach. Angelina Manay Gastelo***

### **AGRADECIMIENTO.**

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por su contribución en mi formación profesional.

Al Ing. Santiago Casas Luna, por su amable disposición en la asesoría del presente trabajo, quién con sus aportes me encaminó a culminar con éxito el trabajo de investigación.

Al Ing. Carlos Arteaga López, por su incondicional disposición en la gestión con la empresa constructora de la carretera Iquitos - Nauta, en la cual se ejecutó la investigación, y en las gestiones con el laboratorio de análisis químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A Gulliver Flores Torres, por su constante apoyo en mi formación profesional y la realización de la presente investigación.

A mis queridos padres y hermanos por apoyarme en todo momento.

A todos los docentes de la Facultad de Ecología, por transmitirnos sus conocimientos y hacer fecunda nuestra formación profesional.



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE MATRICES .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	viii
RESÚMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Suelo, contaminación por hidrocarburos, fuentes y efectos ambientales. ....	4
2.2 Hidrocarburos, comportamiento en el suelo, toxicidad y técnicas de remediación. ....	7
2.3 Características del petróleo y sus derivados. ....	11
2.4 Marco conceptual de la obra carretera Iquitos – Nauta, tramo IV. ....	13
2.4.1 Ubicación geográfica .....	13
2.4.2 Características generales. ....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1 Materiales y equipos. ....	14
3.1.1 Materiales. ....	14
3.1.2 Equipos. ....	14
3.2 Métodos.....	15
3.2.1 Elaboración de la línea base ambiental del ámbito de estudio. ....	15
3.2.1.1 Sector del campamento de las plantas industriales. ....	15
3.2.1.2 Sector del grifo de combustible.....	16
3.2.2 Determinación del grado de contaminación del suelo ocasionado por fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de plantas industriales y zona de combustible. ....	17
3.2.2.1 Identificación de las fuentes que generan contaminación del suelo por hidrocarburos. ....	17
3.2.2.2 Identificación de productos derivados del petróleo (hidrocarbros) utilizados en obra. ....	19
3.2.2.3 Selección de los puntos de monitoreo. ....	19
3.2.2.4 Ubicación de los puntos de monitoreo. ....	20
3.2.2.5 Ubicación georeferenciada de los puntos de monitoreo.....	21
3.2.2.6 Frecuencia de monitoreo y número de muestras para análisis químicos.....	21
3.2.2.7 Muestreo para caracterización física del suelo. ....	23
3.2.2.8 Muestreo de suelo para análisis químico y determinación de la concentración de hidrocarburos totales. ....	24
3.2.2.9 Medición física del volumen de suelo visiblemente contaminado....	25
3.2.3 Análisis e interpretación de resultados de análisis químico con los límites máximos permisibles. ....	26
3.2.3.1 Identificación de los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo. ....	26
3.2.3.2 Evaluación de los resultados de análisis químico vs. los límites máximos permisibles. ....	27
3.2.4 Evaluación de impactos que generan las fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales, km. 2+400. ....	28

3.2.5 Identificación de medidas para restauración de suelos afectados por hidrocarburos.....	31
IV. RESULTADOS.....	32
4.1 Determinación de la línea de base ambiental del ámbito de estudio.....	32
4.1.1 Zona del taller, patio de maquinaria y planta de asfalto.....	32
4.1.1.1 Datos generales.....	32
4.1.1.2 Entorno abiótico.....	33
4.1.1.3 Entorno biótico.....	35
4.1.1.4 Entorno socio-económico.....	36
4.1.2 Zona de combustible.....	37
4.1.2.1 Datos generales.....	37
4.1.2.2 Entorno abiótico.....	37
4.1.2.3 Entorno biótico.....	38
4.1.2.4 Socio-económico.....	38
4.2 Determinación cuantitativa del grado de contaminación del suelo por fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales y zona de combustible.....	38
4.2.1 Resultado de análisis de parámetros físicos del suelo.....	38
4.2.2 Resultado de análisis químico del suelo.....	41
4.2.3 Determinación del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames de hidrocarburos.....	43
4.2.3.1 Reporte diario de fugas y derrames de hidrocarburos en el suelo.....	43
4.3 Comparación de resultados de análisis químicos con los valores permisibles de concentración de hidrocarburos totales en el suelo.....	58
4.4 Evaluación de impactos que generan las fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales del km. 2+400.....	61
4.4.1 Identificación de las principales actividades durante la etapa de construcción de la carretera Iquitos - Nauta.....	61
4.4.2 Identificación de factores ambientales afectados por fugas y derrames de hidrocarburos.....	63
4.5 Identificación de medidas para restauración de los suelos afectados por hidrocarburos.....	76
4.5.1 Tratamiento físico.....	76
4.5.1.1 Aireación.....	76
4.5.1.2 Estabilización.....	77
4.5.2 Tratamiento biológico.....	78
4.5.2.1 Landfarming.....	79
V. DISCUSIONES.....	81
VI. CONCLUSIONES.....	84
VII. RECOMENDACIONES.....	86
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Parámetros que influyen en el transporte de contaminantes en el suelo.....	9
Cuadro N° 02: Fuentes de contaminación de suelos por hidrocarburos. ....	18
Cuadro N° 03: Puntos de muestreo de acuerdo al área. ....	19
Cuadro N° 04: Puntos de monitoreo de suelos contaminados con Hidrocarburos. ....	20
Cuadro N° 05: Ubicación georeferenciada de los puntos de monitoreo. ....	21
Cuadro N° 06: Frecuencia de monitoreo y número de muestras tomadas. ....	22
Cuadro N° 07: Análisis de hidrocarburos en función del producto contaminante .....	27
Cuadro N° 08: Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en el suelo. ....	27
Cuadro N° 09: Ponderación escalar de impactos ambientales. ....	29
Cuadro N° 10: Distribución del área por establecimientos. ....	32
Cuadro N° 11: Resumen de datos meteorológicos mensuales. ....	35
Cuadro N° 12: Caracterización física del suelo en los puntos de monitoreo. ....	39
Cuadro N° 13: Concentración de hidrocarburos totales en el suelo. ....	42
Cuadro N° 14: Volumen de suelo contaminado por hidrocarburos.....	43
Cuadro N° 15: Volumen mensual de suelo contaminado por diesel 2.....	45
Cuadro N° 16: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de diesel 2. ....	46
Cuadro N° 17: Causas de fugas y derrames de diesel 2. ....	47
Cuadro N° 18: Volumen mensual de suelo contaminado por aceites residuales.....	48
Cuadro N° 19: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales.....	50
Cuadro N° 20: Causas de fugas y derrames de aceites residuales. ....	51
Cuadro N° 21: Volumen mensual de suelo contaminado por bunker .....	52
Cuadro N° 22: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker.....	53
Cuadro N° 23: Causas de fugas y derrames de bunker. ....	54
Cuadro N° 24: Volumen mensual de suelo contaminado por asfalto líquido (RC -250).....	55
Cuadro N° 25: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de asfalto líquido (RC-250).....	56
Cuadro N° 26: Causas de fugas y derrames de asfalto líquido.....	57
Cuadro N° 27: Clasificación de los productos contaminantes en función a la fracción de hidrocarburos .....	58
Cuadro N° 28: Principales actividades en las sub etapas de construcción de la carretera Iquitos - Nauta, tramo IV. ....	62
Cuadro N° 29: Factores ambientales afectados por fugas y derrames de hidrocarburos. ....	63
Cuadro N° 30: Prioridad por factores ambientales .....	74
Cuadro N° 31: Prioridad por sub etapas.....	74

## ÍNDICE DE MATRICES

Matriz Nº 01: Identificación de impactos ambientales .....	64
Matriz Nº 02: Valoración cualitativa del impacto .....	65
Matriz Nº 03: Valoración cuantitativa del impacto .....	66
Matriz Nº 04: Vulnerabilidad de los factores ambientales .....	67
Matriz Nº 05: Índice de calidad ambiental .....	68
Matriz Nº 06: Niveles escalares óptimos de calidad ambiental .....	69
Matriz Nº 07: Niveles escalares óptimos de calidad ambiental valorado .....	70
Matriz Nº 08: Nivel de calidad ambiental .....	71
Matriz Nº 09: Valoración escalar cuantitativa de calidad ambiental .....	72
Matriz Nº 10: Valoración escalar de calidad ambiental .....	73
Matriz Nº 11: Valoración promedio porcentual .....	75

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01. Comportamiento del petróleo en el suelo. ....	8
Gráfico N° 02: Diagrama bioclimático del área de estudio, según Holdrige. ....	36
Gráfico N° 03: Variación mensual de suelo contaminado por diesel 2.....	45
Gráfico N° 04: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de diesel 2 .....	46
Gráfico N° 05: Causas de fugas y derrames de diesel 2.....	48
Gráfico N° 06: Variación mensual del suelo contaminado por aceites residuales.....	49
Gráfico N° 07: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales. ....	50
Gráfico N° 08: Causas de fugas y derrames de aceites residuales.....	51
Gráfico N° 09: Variación mensual de suelo contaminado por bunker.....	52
Gráfico N° 10: Variación mensual de las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker. ....	53
Gráfico N° 11: Causas de fugas y derrames de bunker.....	54
Gráfico N° 12: Variación mensual de suelo contaminado por asfalto líquido (RC-250).....	55
Gráfico N° 13: Variación mensual de las profundidades alcanzadas fugas y derrames de asfalto líquido. ....	56
Gráfico N° 14: Causas fugas y derrames de asfalto líquido. ....	57
Gráfico N° 15: Concentraciones de hidrocarburos de fracción pesada en los puntos de monitoreo vs. límites máximos permisibles. ....	59
Gráfico N° 16: Concentración de hidrocarburos de fracción media en los puntos de monitoreo vs. límites máximos permisibles. ....	60



## RESÚMEN

El primer contacto que tienen los derrames y fugas de hidrocarburos, es el suelo, causando la contaminación del mismo e impidiendo cumplir con sus funciones naturales. El presente trabajo de investigación tiene por objetivo, determinar el grado de contaminación del suelo por hidrocarburos, en las áreas ocupadas por las instalaciones del taller, patio de maquinaria, planta de producción de asfalto y zona de combustible, durante la construcción de la carretera Iquitos –Nauta, tramo IV.

Las fuentes de contaminación del suelo por hidrocarburos fueron el taller-patio de maquinaria, planta de asfalto y zona de combustible; realizándose muestreos de suelo en cada uno de ellas para su caracterización física (granulometría, contenido de materia orgánica, porcentaje de humedad y densidad natural) a profundidades de 30 y 20 cm., muestreo de suelo para análisis químico; determinándose la concentración de hidrocarburos totales a profundidades de 30, 15 y 20 cm., así como la medición física permanente del volumen del suelo contaminado. La frecuencia de muestreo se realizó en base al tiempo de avance de ejecución de obra; tomándose una muestra en cada punto de monitoreo antes de iniciación de los trabajos de construcción de la carretera (muestra testigo), al cabo del 40% y 70% de avance de obra para la caracterización física, y del 40%, 70%, 80 y 95% de avance de obra para análisis químicos.

Los resultados de los análisis químicos para los dos primeros monitoreos no registraron valores de concentración de hidrocarburos totales a una profundidad de 30 cm., en suelo determinado mediante análisis físico de laboratorio como arcilloso para el taller-patio de maquinaria y planta de asfalto, suelo del tipo arena limosa para la zona de combustible. En el tercer muestreo a una profundidad de 15 cm., con ligera modificación en el tipo de suelo, de arcilloso a arena arcillosa, se registró concentraciones de hidrocarburos totales de 6721 mg./Kg. de suelo en la planta de asfalto y 23573 gr./Kg. de suelo en el taller - patio de maquinaria en suelo del tipo arena limosa. En el cuarto y quinto muestreo a una profundidad de 20 cm., se registraron concentraciones menores que la anterior de: 5580 y 4225 mg./Kg. de suelo para la zona del taller-patio de máquinas, 777 y 970 mg./Kg. de suelo en la planta de asfalto y 23.7 y 112 mg./Kg. de suelo en la zona de combustible. El volumen total de suelo contaminado fue de 120.1234 m<sup>3</sup> durante la ejecución de obra.

Las concentraciones de hidrocarburos totales a partir del tercer hasta el quinto muestreo en la zona del taller-patio de maquinaria, exceden los límites máximos permisibles de referencia, contaminando el suelo.



## ABSTRACT

The first contact that hydrocarbons spills and leaks have is the soil; it is contaminated and it does not achieve its natural functions in this way. The main objective of this research is to determine the degree of soil contamination caused by hydrocarbons in the areas occupied by those facilities of the factory, yard machinery, asphalt production plant and fuel zone during the section IV Iquitos- Nauta Highway construction.

The soil contaminations sources by hydrocarbons were the yard machinery, asphalt plant and fuel zone. We did soil samples of each source in order to characterize them physically (granulometria, organic matter content, natural density and percentage humidity) 30 and 20 cm depth; soil samples of 15, 30 and 30 cm dept to chemical analysis to determine the totals hydrocarbons as well as the permanent physical measurement of the contaminated soil volume. The sampling frequency was done on the basis of development of the work; taking a sample on each monitoring point before the starting of the highway construction (test sample), after 40% and 70% of the work headway to the physical characterization and the 40%, 70%, 80% and 90% of the work headway to the chemical analysis.

The results of the chemical analysis to the two first monitoring did not register values of concentration of total hydrocarbons to a 30 cm, depth, in soils determinated by means of laboratory physical analysis is clayish to the machinery yard and asphalt plant, a sand-slime soil type to the fuel zone. In the third sampling of 15 cm depth, with slight modification in the type of soil, from clayish to sand-clayish, were registered total hydrocarbons concentrations of 6721 mg/Kg of soil in the asphalt zone and 23573 gr/Kg of soil of the machinery yard in sand-slimy soil type. In the fourth and fifth sampling of 20 cm depth, were registered smaller concentrations than the previous one of 5580 and 4225 mg/Kg of soil of the machinery yard, 777 and 970 mg/Kg of soil in the asphalt plant, and 23.7 and 112 mg/Kg. of soil in the fuel zone.

The total contaminated soil volume was 120. 1234 m<sup>3</sup> during the work execution.

The total hydrocarbon concentrations from third to fifth sampling in the zone of the machinery yard exceeded the permissible maximum limits of reference, contaminating the soil.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

En las últimas décadas, la evolución de los ecosistemas se ha visto influenciada por la acción del hombre. El suelo como parte estructural de ellos, no se ha mantenido al margen de este proceso, siendo alteradas sus propiedades originales a través de fenómenos de degradación, tales como agotamiento, erosión, salinización y contaminación por sustancias tóxicas. Dentro de los procesos de contaminación más frecuentes, se encuentran aquellos producidos por agentes orgánicos de variada composición, principalmente hidrocarburos (Luque, 1994).

La contaminación del suelo ocasionado por derrames de hidrocarburos altera la capacidad del suelo para desarrollar una serie de funciones tales como sostener la productividad biológica, mantener la calidad del agua y del aire, mantener la salud de las plantas y con ello la del ser humano. La presencia de cantidades severas de hidrocarburos en el suelo puede producir daños ecológicos irreparables y permanentes; entre los más importantes están: la pérdida de hábitat en ecosistemas, la desaparición de especies de la microflora, flora y fauna, la migración de contaminantes hacia los cuerpos de agua que puede causar grandes riesgos a la salud humana, ya que el efecto tóxico de los hidrocarburos sobre la microbiota del suelo puede ocasionar transferencias a plantas, y ésta a su vez, se transfiere por ingestión a animales y humanos o bien de animales a humanos (Romarino, 1989).

Los derrames y fugas de hidrocarburos que ocurren en forma accidental en los suelos que soportan instalaciones de plantas industriales que tienen como insumo principal a los hidrocarburos, causan impacto negativo en el ambiente que lo rodea. El grado del impacto depende del volumen y forma de hidrocarburos derramados, de la naturaleza y características del suelo y de las condiciones meteorológicas del ambiente, siendo una de las consecuencias más comunes, las filtraciones de los contaminantes hacia los cuerpos de aguas subterráneas, así como también la contaminación de aguas superficiales por el lavado de suelo contaminado durante la presencia de lluvias (Pastor, 2004).

Se ha reportado evidencias de graves problemas de contaminación de suelos por hidrocarburos, que conlleva el riesgo de contaminación de ecosistemas acuíferos,

ocasionado por fugas en contenedores de combustibles, así como por derrames continuos de lubricantes y por prácticas inadecuadas en su manejo, principalmente en estaciones de servicio de combustibles y talleres de reparación de autotransportes (SEMARNAT, 1996).

La ejecución de obras de carreteras, se basa principalmente en la utilización de un gran número de maquinaria y equipos pesados (tractores, motoniveladoras, rodillos, cargadores frontales, volquetes, etc.), demandando consumo de volúmenes considerables de combustibles y lubricantes (hidrocarburos), instalándose tanques de almacenamiento de combustibles, talleres de reparación de autotransportes y equipos estacionarios; lo cual significa riesgos inherentes de contaminación del suelo, ya sea por fugas de los tanques de almacenamiento, por goteo al momento de abastecimiento de combustible, prácticas inadecuadas en los trabajos de reparación y mantenimiento de equipos, derrames accidentales, etc.; estos derrames y fugas de hidrocarburos, por frecuencia y acumulación podría filtrar en el suelo y contaminar las aguas subterráneas o por efectos de escorrentía producto de las lluvias frecuentes en la zona, podrían llegar a los cursos de aguas más cercanos y contaminarlo durante la ejecución de obra. Sin embargo, por la presencia temporal de los trabajos de ejecución de obra, los impactos son temporales y dependerá básicamente de la cantidad, frecuencia y acumulación del hidrocarburo derramado para tener implicancias significativas en el ambiente.

Es necesario garantizar que la presencia de concentraciones de hidrocarburos producidos por fugas y derrames sobre el suelo, no representen riesgo al medio ambiente ni a la salud humana, y que dicha concentración permita que el suelo pueda tener la capacidad de degradarlo sin causar alteración a los microorganismos y componentes del mismo, y que pueda ser utilizado (de nueva cuenta) para los usos predeterminados (agrícola, forestal, etc.).

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo, determinar el grado de contaminación del suelo ocasionado por fugas y derrames frecuentes y acumulativos de hidrocarburos en las instalaciones del patio de maquinaria, planta de asfalto y zona de combustible en la construcción de la carretera a nivel de asfaltado Iquitos-Nauta, orientado a demostrar si dichas fugas y derrames generan

contaminación del recurso suelo, basándose en los objetivos específicos como: diagnóstico ambiental del área de estudio, determinación cuantitativa de hidrocarburos totales en el suelo mediante análisis químicos y medición física del suelo afectado, análisis de resultados químicos en concordancia con los límites máximos permisibles de referencia, identificación y evaluación de impactos ocasionados por las fugas y derrames de hidrocarburos sobre el suelo del campamento de las plantas industriales y la identificación de medidas de restauración del suelo contaminado por hidrocarburos para ser implementadas por la empresa.

En consecuencia, el estudio de la contaminación del suelo por hidrocarburos constituye un importante campo de trabajo, tanto en la investigación científica, como en la gestión y resolución de problemas concretos, puesto que estos problemas tienen lugar tanto en zonas industriales, como en áreas urbanas y rurales, a través de las variadas actividades en que se ve involucrada la utilización de estos compuestos (SEMARNAP, 1997).



## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1 SUELO, CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS, FUENTES Y EFECTOS AMBIENTALES.

- **Según Sabroso, 2004;** define al suelo desde el punto de vista medioambiental, como la capa fina superior de la corteza terrestre (litósfera), situada entre el lecho rocoso y la superficie; está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, aire, agua y miles de organismos vivos que van desde microscópicos hasta organismos superiores. El suelo es un recurso natural difícilmente renovable, que desempeña funciones como medio filtrante durante la recarga de los mantos acuíferos y protección de los mismos, es la superficie donde ocurren los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y las redes tróficas, además de ser el espacio donde se realizan las actividades humanas y el soporte de la vegetación; asimismo, es la interfaz entre la tierra, el aire y el agua que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso.
- **Según la Comisión para la Comunidad Europea, 2002;** el suelo es un medio rico en vida, con una gran diversidad de microorganismos que viven en él, siendo estos el eje central para todas las funciones naturales que a pesar de haber sido considerado por muchos años un recurso infinitamente renovable, por su apariencia sana, el suelo es netamente un recurso no renovable, y actualmente posee altas tasas de degradación debido principalmente a la acción humana.
- **Según Pérez & García, 2002;** definen al suelo contaminado por hidrocarburos, como la modificación de sus propiedades físicas al ser afectadas por la presencia de dichas sustancias, las mismas que provocan la aglutinación de las partículas del suelo, generando estructuras más gruesas que cubren la superficie de las mismas partículas y el espacio poroso, afectando la aireación del suelo, aumento del contenido de materia orgánica considerablemente, así como la acidificación y la saturación de bases. Todos estos factores acarrearán una disminución en la fertilidad del suelo.

- **Según Armas, 2001;** el petróleo y sus derivados contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él; esto depende del tipo de suelo, lo cual es producto de su composición y textura (tamaño de las partículas que lo forman), ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá con mayor o menor fuerza, penetrará a mayor o menor profundidad y por lo tanto permanecerá mayor o menor tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:
  - **En suelos arenosos** (suelos de grano grueso), el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad, a mayor profundidad y permanecerá por más tiempo.
  - **En suelos arcillosos** (suelos de grano fino), el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se puede retirar mediante recojo y/o lavado de manera rápida, por ejemplo las playas arcillosas de la selva.
  - **En suelos con alto contenido de materia orgánica**, el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales, de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente.
  - **Sobre formas de relieve**, el petróleo por gravedad, se acumulará en lugares de hondonadas y tenderá a no permanecer en elevaciones como las lomas y cerros.
  
- **Según Moraga, 2003;** la contaminación del suelo por el petróleo y derivados, es una amenaza latente para sus propiedades, debido a la introducción de ciertos compuestos muy tóxicos no atribuibles a la condición natural del sitio, provocando daños o pérdidas de algunas o varias funciones, repercutiendo directamente en la calidad del suelo, con implicancias en aguas superficiales y subterráneas al ser arrastrados los contaminantes de ese lugar ya sea por medio de lluvias o infiltración. La presencia de ciertos hidrocarburos por encima de ciertos niveles implica múltiples consecuencias negativas para la cadena alimenticia y por lo tanto para la salud humana.



- **Según Calabrese, 1993;** el impacto negativo que puede presentar los hidrocarburos en el suelo, es en el equilibrio ecológico de los ecosistemas; cuando las concentraciones son tóxicas, inhiben la microfauna del suelo, en casos de toxicidad aguda, se inhibe la germinación y el rebrote de meristemas y la elongación radicular, así como el contenido de clorofila y la fotosíntesis. No obstante, se ha observado que a bajas concentraciones, los hidrocarburos estimulan el crecimiento de algunos vegetales.
- **Según Álvarez, 2002;** divide las principales fuentes de contaminación de suelos por hidrocarburos, en dos grupos: fugas y derrames.

**Derrames.** Los derrames generalmente ocurren en forma accidental durante el transporte de hidrocarburos de las refinerías a otros sitios de consumo. El esparcimiento y la penetración de un derrame de hidrocarburos en el suelo dependerán del tipo y naturaleza del suelo, considerándose principalmente la pendiente y la textura de las partículas que lo forman, así como de la cantidad de la sustancia derramada.

**Fugas.** Las fugas se deben principalmente al estado deteriorado de ductos, tanques de almacenamiento, tanto de las mismas refinerías, así como de los establecimientos de expendio de combustibles y lubricantes, operación de equipos móviles y estacionarios, que requieren volúmenes considerables de hidrocarburos, talleres de reparación de autotransportes, los mismos que se asientan sobre el suelo sin ningún tipo de recubrimiento (concreto o asfalto), y el mal estado de empaques de los vehículos, que producen goteo de las sustancias contaminantes (principalmente de aceites y combustibles), que de manera individual no son significativas para la cantidad transportada; sin embargo, si se suman estos pequeños derrames por número de vehículos que se operan en un paradero o grifos, se obtienen cantidades de importancia que viajan al suelo y lo contaminan.

- **Según SEMARNAT, 1991;** concluye que las propiedades físicas y químicas del suelo, más afectadas por derrames de hidrocarburos son: la estructura del suelo debido a la ruptura de los agregados, aumento de

retención de agua en la capa superficial, aumento de carbono orgánico (75% del carbono del petróleo crudo es oxidable), disminución del pH; debido a la acumulación del carbono orgánico y generación de ácidos orgánicos. El componente más importante del suelo en relación con la persistencia de hidrocarburos, es la arcilla, la persistencia aumenta cuando más pequeñas son las partículas debido a que aportan una gran área superficial para la absorción de los productos químicos.

## **2.2 HIDROCARBUROS, COMPORTAMIENTO EN EL SUELO, TOXICIDAD Y TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN.**

- **Según Chapín, 1988;** define a los hidrocarburos como los compuestos por átomos de carbono e hidrógeno, de gran abundancia en la naturaleza, presentes principalmente en el petróleo. Se considera como una mezcla líquida compleja de gases, líquidos y sólidos, existiendo pequeñas cantidades de nitrógeno, oxígeno y azufre, además de contener compuestos de hierro, níquel, vanadio y otros metales.
- **Según Menzie, 1992;** sostiene que los contaminantes orgánicos relacionados con las actividades humanas son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's); formados por dos o más anillos de benceno fusionados, los cuales difieren en el número y posición del anillo aromático; son los que más conciernen al petróleo y a la pirolisis de combustibles. Muchos de estos compuestos son estables y altamente tóxicos, algunos son potentes carcinógenos y otros mutagénicos. Su importancia está relacionada con la movilidad debido a su peso molecular: los HAP's de alto peso molecular son relativamente inmóviles y por ende de baja volatilidad y solubilidad.
- **Según Environmental Protection de los Estados Unidos (EPA) y Organización Mundial de la Salud (OMS). 1992;** establecen que los componentes del petróleo de efectos más nocivos son los hidrocarburos aromáticos, ya que algunos de ellos actúan como tóxicos agudos y otros como el 3,4- benzopireno, tienen actividad carcinogénica y mutagénica.

Dentro de éstos se consideran como contaminantes prioritarios a dieciséis: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo (a) antraceno, criseno, benzo (b) fluoreno, benzo (k) fluoreno, benzo (a) pireno, indeno (1,2,3-cd) pireno, dibenzo (ah) antraceno y benzo (ghi) perileno. Se encuentran en altas concentraciones en muchos sitios industriales particularmente aquellos asociados con la producción de petróleo, gas e industrias de preservación de maderas.

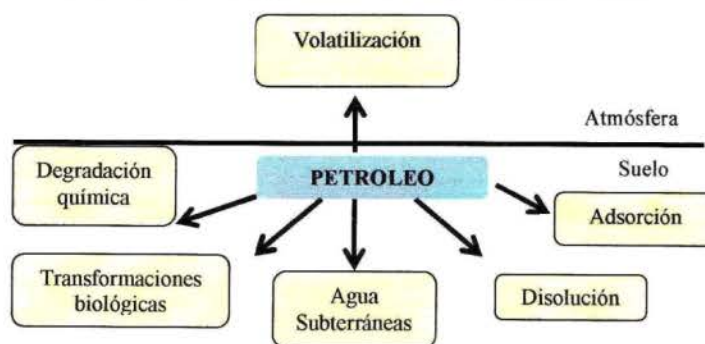
- **Según Armas, 2001;** el comportamiento del petróleo en el suelo depende del tipo de suelo, en concreto del tamaño de grano, de su porosidad, permeabilidad, del área superficial, del contenido de materia orgánica y de su capacidad de intercambio iónico, de la composición química de los hidrocarburos y de sus propiedades fisicoquímicas como son: solubilidad, presión de vapor, entre otros.

Una vez en el suelo los hidrocarburos se desplazan bajo tres mecanismos distintos:

- Por difusión hacia zonas de baja concentración.
- Por advección hacia zonas de menor presión de vapor.
- Por dispersión mecánica.

Gracias a estos tres mecanismos de desplazamiento, los hidrocarburos pueden volatilizarse o escaparse a la atmósfera, adsorberse en las partículas que forman los horizontes más superficiales del suelo, disolverse en el medio acuoso, disolverse en las aguas subterráneas o flotar en ellas, biodegradarse con el tiempo.

**Gráfico N° 01. Comportamiento del petróleo en el suelo.**



- **Según McBride, 1994;** el comportamiento de los hidrocarburos en el suelo está en función de su composición química y sus propiedades fisicoquímicas, como: densidad, presión de vapor, coeficiente de partición del suelo, polaridad, y solubilidad, entre otras. La alta solubilidad de un compuesto químico promueve mayor movilidad, y tiene menor probabilidad de ser acumulativo, volátil y persistente. Un compuesto químico altamente soluble es propenso a ser biodegradado y metabolizado por los microorganismos, también depende de las características físicas del suelo, como: unidad del suelo, permeabilidad, estructura, tamaño de las partículas, contenido de humedad, contenido de materia orgánica y relieve, así como de los factores climatológicos como la temperatura y la precipitación tienen una gran influencia. Todas en su conjunto definen el tamaño y la distribución del frente de contaminación en un área determinada.

**Cuadro N° 01: Parámetros que influyen en el transporte de contaminantes en el suelo.**

Parámetros del contaminante	Parámetros del suelo	Parámetros ambientales
Solubilidad	Porcentaje de humedad	Temperatura
Coeficiente de partición del suelo	densidad y permeabilidad	Precipitación
Presión de vapor	Contenido de materia orgánica	Evapotranspiración
densidad	Relieve topográfico	

FUENTE: PEMEX .2002

- **Según Pastor, 2004;** los suelos contaminados pueden tener efectos muy diversos desde el riesgo tóxico para la salud humana, hasta pérdidas de recursos naturales y económicos. Los principales peligros que puede suponer un suelo contaminado por hidrocarburos son:
  - Peligro toxicológico para la salud humana:
    - Por inhalación: Problemas alérgicos y respiratorios, desde muy leves hasta muy graves.
    - Por ingestión: Por desconocimiento al cultivar suelos contaminados.
    - Por contacto directo: Alergias y problemas cutáneos en trabajadores que manipulan este tipo de suelos.



- Peligro de contaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, sedimentos de río, del aire interior de las instalaciones, etc.
- Peligro de utilización de agua de abastecimiento contaminada.
- Peligro de contaminación de alimentos cultivados y animales de granja por utilización de agua subterránea contaminada.
- Peligro físico; explosión o fuego, corrosión de estructuras o efectos en las propiedades mecánicas del suelo en las excavaciones.

Los efectos causados por un suelo contaminado, son en general, a largo plazo y en ocasiones, las consecuencias no se detectan de inmediato, por lo que los peligros potenciales pueden tardar décadas en manifestarse con efectos de gran magnitud.

- **Según Albert, 1990;** los efectos tóxicos de los hidrocarburos en el suelo dependerán de la cantidad y composición de las sustancias, de la frecuencia y tiempo de exposición, de las características del sitio donde sucedió el derrame, de las variables ambientales (precipitación, temperatura, humedad y oxígeno), de la sensibilidad de la biota específica del ecosistema impactado.
- **Según Pirela, 2001;** las comunidades vegetales asociadas a los suelos contaminados, son ecosistemas sensibles a la contaminación petrolera, debido a la toxicidad de los productos derramados y la capacidad de estos de cubrir raíces, cortezas de árboles, interfiriendo de esta forma en el metabolismo de la planta, específicamente en el intercambio gaseoso. De igual forma, provoca la desnaturalización de las membranas celulares, reduciendo la transpiración y fotosíntesis, afectando la respiración y reduciendo el crecimiento de la planta. La vegetación arbustiva y herbácea asociada a los cuerpos de agua, cuando son cubiertas totalmente por el crudo, son afectadas al taparse las lenticelas de las ramas, así como las estomas de las hojas, órganos usados por las plantas para el intercambio gaseoso (respiración y transpiración). Igualmente, el proceso fotosintético se detiene al no permitir el paso de luz a los cloroplastos.

- **Según Saval, 1995;** define que la remediación de suelo, es el conjunto de acciones necesarias para llevar a cabo la limpieza del terreno de cualquier descarga o sospecha de descarga de sustancias contaminantes que alteran su funcionalidad natural. Esto deberá entenderse ambientalmente como la conjugación de los términos remediar y restaurar, lo cual significa limpiar el área y demostrar que el suelo recobra su actividad biológica, para lo cual se deberán elegir las técnicas que más se adecuen a la realidad del problema. La efectividad de la remediación se basará en la selección de la técnica, así como el control adecuado de las instalaciones de tratamiento.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DEL PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS.

- **Según PEMEX, 1998;** el petróleo natural, mejor conocido como petróleo crudo, es una mezcla compleja de miles de diferentes tipos de hidrocarburos, que son moléculas compuestas de carbono e hidrógeno principalmente. Algunos petróleos crudos tienen hasta un 98% de hidrocarburos y otros como el azufre, nitrógeno, níquel, hierro, vanadio y oxígeno. De la refinación de petróleo crudo se obtiene el kerosén, gasolina, gas avión, gas licuado de petróleo, diesel, aceites lubricantes, fuel oil (bunker), entre otros productos.
- **Diesel:** Combustible líquido que surge de la destilación del petróleo entre los 200 y 380 grados centígrados, es más pesado que el kerosén y es empleado en máquinas diesel y otras máquinas de compresión - ignición
- **Fuel oil:** Es un desecho de la refinación del petróleo, mas conocido como fuel pesado. La terminología de pesado, medio y ligero referido al fuel oil describe los diferentes grados de densidad y viscosidad que presentan estos productos. El fuel pesado está formado por mezclas complejas de compuestos que presentan un peso molecular alto cuyo rango de temperaturas de ebullición se encuentra entre 350-650°C. Los componentes de la mezcla son principalmente hidrocarburos aromáticos



alifáticos y nafténicos, con un número de carbonos entre C20-C50, junto con asfáltenos y cantidades más pequeñas de compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno. Otros elementos presentes en el fuel pesado son: níquel, hierro, potasio, vanadio, sodio, aluminio y silicio.

- **Aceites lubricantes:** Son productos obtenidos de la destilación del petróleo crudo. Estos productos se vuelven altamente peligrosos después de su primer uso, es decir, cuando se convierte en aceites usados; son mezclas complejas y variables de infinidad de sustancias químicas. Se estima que, por término medio, cerca del 60% de una carga de aceites usados son hidrocarburos en condiciones de reutilización como combustible o como lubricante, la parte restante está constituida por agua, compuestos metálicos, ácidos y contaminantes diversos. Como contiene innumerables productos tóxicos, cancerígenos, irritantes y no es biodegradable, el aceite usado está automáticamente clasificado como un "residuo peligroso" y como tal tiene que ser manipulado, trasvasado, recogido, almacenado, tratado y utilizado adecuadamente.
- **Asfalto:** Se obtiene de la refinación de petróleos asfáltenos; es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contiene azufre, nitrógeno y oxígeno. La mayoría de hidrocarburos livianos se eliminan durante el proceso de refinación quedando los más pesados y de moléculas complejas. El asfalto consta de tres componentes mayoritarios, el primero lo constituye una mezcla de asfáltenos que son moléculas complejas de alto peso molecular, insoluble en hidrocarburos parafínicos y soluble en hidrocarburos aromáticos como el benceno; el segundo componente es una mezcla de resinas y el tercero es aceite mineral. Estos tres constituyen una mezcla coloidal; los asfáltenos cargan con la responsabilidad de las estructurales y de dureza de los asfaltos, las resinas le proporcionan sus propiedades aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables. El asfalto requiere de altas temperaturas (mayores a 200° C) para su desplazamiento o fluido.

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL DE LA OBRA CARRETERA IQUITOS – NAUTA, TRAMO IV.**

### **2.4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La zona del Proyecto se ubica entre las coordenadas geográficas 4°20' y 4°30' de latitud sur y a 73°30' y 74°00' de longitud oeste. Geográficamente se encuentra ubicado en el departamento de Loreto. Hidrográficamente se encuentra limitada por las cuencas de los ríos Nanay y Amazonas. El inicio del tramo a construir se encuentra en la margen izquierda del río Marañón, en el distrito de Nauta, (Capital de la provincia de Loreto) y cuya altitud es 111 m.s.n.m., cerca a la confluencia con el río Ucayali, para dar origen al río Amazonas. La longitud es de 19 Km., iniciándose en la plaza principal de la ciudad de Nauta hasta el río Itaya (Estudio Técnico Definitivo de la Obra, 2004).

### **2.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

La carretera objeto del estudio, fue construida por etapas, inicialmente, como primera etapa se construyó una trocha que no llegó a ser transitable por falta de instalación de puentes y alcantarillas. Entre agosto 1996 y agosto 1997, se ejecutaron trabajos de explanaciones que alcanzaron el nivel transitable para vehículos, incluyendo alcantarillas metálicas corrugadas TMC (tubo metálico corrugado). Los Puentes “Zaragoza” de 15.15 m. de longitud y “Pensión” de 12.00 m. de longitud fueron construidos en 1998. Como toda obra de infraestructura vial, las acciones antrópicas que genera la construcción y operación de la carretera Iquitos – Nauta, Tramo IV Nauta - río Itaya, desde la progresiva del Km. 0+000 al 19+000, presentan impactos ambientales negativos y positivos sobre los factores ambientales físicos, bióticos y socio-económico-cultural (Estudio Técnico Definitivo de la Obra, 2004).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 MATERIALES Y EQUIPOS.**

##### **3.1.1 MATERIALES.**

➤ **De campo:**

- 01 cinta adhesiva masking tape (3M).
- 01 Wincha.
- Pala tipo cuchara.
- Vasos descartables.
- 01 caja mediana de tecnopor.
- 15 envases de vidrio con tapa de teflón.
- 02 espátulas de aluminio.
- 15 Nucleadores artesanal de PVC 4 pulg.
- 24 bolsas de polietileno.
- Formatos de reportes.
- 01 cronómetro (Gucci Quartz).
- Libreta de apuntes.

➤ **De gabinete:**

- 01 plano de ubicación de la zona de estudio.
- 02 caja de diskettes (Maxell 2HD).
- 01 caja de CD (Maxell, 700MB).

##### **3.1.2 EQUIPOS.**

➤ **De campo:**

- 01 cámara fotográfica digital (kodak).
- 01 estación total de topografía.

## **3.2 MÉTODOS.**

### **3.2.1 ELABORACIÓN DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.**

Debido a optimización de costos y la naturaleza del transporte de combustible de mayor demanda (diesel 2), la empresa constructora cambió la ubicación de la zona de combustible, aprovechando la existencia de un tanque de 20,000 galones de capacidad, de propiedad de la Municipalidad de Loreto – Nauta. Por lo que, la zona de estudio se divide en dos sectores:

#### **3.2.1.1 SECTOR DEL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES.**

El campamento de las plantas industriales, abarca todas las instalaciones de equipos y maquinarias para producir material de agregados que se utiliza en la construcción de la carretera. Dentro de este campamento, se ubicaron las instalaciones del taller-patio de maquinaria, planta de asfalto y acopio de asfalto. Para la elaboración del diagnóstico de este sector, se realizó de la siguiente manera:

##### **a) Reconocimiento y ubicación del área de estudio.**

Para la obtención de las cotas y coordenadas se realizó a través del levantamiento topográfico del terreno utilizándose el equipo de estación total, plano longitudinal de la carretera Iquitos – Nauta, tramo IV, elaborado en el estudio definitivo del proyecto. Ver Anexo N° 06, plano N° 01.

##### **b) Datos históricos del área de estudio.**

Los datos históricos de la zona de estudio, se obtuvo a través de frecuentes entrevistas con el propietario del terreno y con los pobladores dueños de los terrenos colindantes, con el fin de obtener información acerca del uso del terreno antes de que sea ocupado por el campamento.

**c) Identificación del entorno físico y biológico en la zona de influencia directa e indirecta del área de estudio.**

Para el reconocimiento e identificación de los componentes físicos y biológicos, se realizó a través de varios recorridos en conjunto con los lugareños por toda el área de influencia directa e indirecta, con la finalidad de identificar el estado situacional de los recursos naturales existentes (agua, suelo), así como a través de consultas con los usuarios de los recursos agua y suelo. Para la obtención de datos exactos se consultó con el Estudio Definitivo del Proyecto, el mismo que fue elaborado por especialistas en cada materia correspondiente, y con la oficina local del Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA.

**d) Determinación de las condiciones climatológicas en la zona.**

Se realizó a través de la obtención diaria de los datos de la estación meteorológica de la ciudad de Nauta, desde el mes de noviembre del 2004 hasta el mes de julio del 2005.

**e) Identificación del entorno socio - económico.**

Se realizó a través del recorrido aguas abajo de los cursos de aguas adyacentes a la zona de estudio, con la finalidad de identificar centros poblados, que den uso al agua que potencialmente podría ser afectado, producto de la escorrentía que lava el suelo contaminado con combustibles y aceites residuales, provenientes de las plantas industriales.

**3.2.1.2 SECTOR DEL GRIFO DE COMBUSTIBLE.**

**a) Reconocimiento y ubicación del área en estudio.**

La información se obtuvo a través de visitas continuas a la zona, realizándose el levantamiento topográfico del terreno objeto de monitoreo.

**b) Datos históricos del área de estudio.**

Para la obtención de la información, se realizó una entrevista con los responsables de la Municipalidad Provincial de Nauta y frecuentes conversaciones con los propietarios de 03 viviendas ubicadas al lado derecho del tanque de almacenamiento de combustible.

**c) Identificación del entorno físico y socio – económico.**

Para la obtención de la información, se hizo a través de visitas continuas al establecimiento y conversaciones directas con los propietarios de las 03 viviendas antes mencionadas.

**3.2.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO OCASIONADO POR FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE PLANTAS INDUSTRIALES Y ZONA DE COMBUSTIBLE, EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA IQUITOS – NAUTA, TRAMO IV.**

La determinación cuantitativa del grado contaminación del suelo por hidrocarburos, se realizó mediante muestreos de suelo para análisis físicos y análisis químicos, así como de la determinación del volumen mensual del suelo contaminado por fugas y derrames de hidrocarburos, realizándose de la siguiente manera:

**3.2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES QUE GENERAN CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR HIDROCARBUROS.**

La identificación de las fuentes que generan contaminación del suelo por hidrocarburos, se realizó a través de la identificación de las instalaciones, trabajos, actividades y acciones involucrados con el uso de hidrocarburos (combustibles, aceites y lubricantes); identificándose el tipo de producto contaminante, disposición de aceites residuales y consumo mensual (ver anexo N° 04). Las fuentes que generan contaminación del suelo se observan en el cuadro N° 02. Ver anexo N° 05, fotografías del N° 01 al 16.



**Cuadro N° 02. Fuentes de contaminación de suelos por hidrocarburos.**

INSTALACIONES	DESCRIPCIÓN
<b>Taller de mecánica y patio de maquinaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fugas de combustible y aceites durante el parqueo de maquinaria pesadas móviles (tractor de orugas, motoniveladoras, cargador frontal, volquetes, etc.), debido al estado mecánico deteriorado de los empaques del tanque de combustible.</li> <li>- Durante el mantenimiento de equipos y desperfectos de piezas mecánicas, se suscitan fugas y derrames accidentales de aceites residuales en cantidades considerables.</li> <li>- Derrames de aceites residuales por inadecuada disposición de recipientes de almacenamiento.</li> <li>- Derrames de combustible (diesel2) por incorrecto abastecimiento por la cisterna a maquinaria y equipos estacionarios.</li> <li>- Derrames provocados por la actitud irresponsable de los mecánicos y choferes, quienes muchas veces vierten aceites residuales directamente al suelo.</li> </ul>
<b>Planta de asfalto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En los trabajos de pre-calentamiento y calentamiento de la planta, se producen fugas considerables de fuel pesado (bunker) y diesel 2, debido a tuberías y válvulas deterioradas, que conducen dichas sustancia a los tanques de almacenamiento y a la tolva de mezclado de agregados.</li> <li>- Derrames de aceites residuales y bunker debido a la inadecuada disposición de recipientes de almacenamiento.</li> <li>- Fugas permanentes de aceites residuales de los equipos estacionarios (calderos) y del grupo generador de energía eléctrica.</li> <li>- Derrames de diesel 2, durante los trabajos de mantenimiento de las tuberías de conducción tanto de combustible, asfalto líquido y bunker de la planta.</li> </ul>
<b>Zona de combustible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fugas permanentes de combustible, debido a válvulas deterioradas del tanque de almacenamiento.</li> <li>- Fugas durante el carguío tanque-cisterna, debido al estado deteriorado de tuberías de conducción.</li> <li>- Derrames provocados por inadecuada disposición de recipientes (caídas de recipientes que contienen combustible producto de goteo).</li> <li>- Derrames provocados por actitud irresponsable del encargado de la cisterna (carga por encima de la capacidad del tanque de combustible, inadecuada posición del surtidor al momento de retirar del tanque del vehículo, etc.).</li> </ul>
<b>Acopio de asfalto líquido (RC-250)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fugas del líquido durante su calentamiento en horas de aumento de la temperatura ambiente (entre las 9:00 y 15:00 horas), debido al estado deteriorado de cilindros.</li> <li>- Fugas producidas por goteo de las boquillas de la cisterna imprimador durante el parqueo.</li> <li>- Derrames ocasionados durante el trasegado de cilindros a cisterna de imprimación.</li> <li>- Derrames de aceites y combustibles, utilizados para el mantenimiento de la cisterna de imprimación y limpieza de cilindros de RC-250.</li> </ul>

FUENTE: *Elaboración propia.*

### **3.2.2.2 IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO (HIDROCARBROS) UTILIZADOS EN OBRA.**

Los productos derivados del petróleo (hidrocarburos) utilizados en los trabajos y maquinaria para la construcción de la carretera, son: combustible (diesel 2), aceites lubricantes, bunker (petróleo residual), asfalto líquido, asfalto semi- sólido y kerosén.

### **3.2.2.3 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.**

La selección de los puntos de monitoreo, se realizó teniendo en cuenta el enfoque selectivo (Guía Dirección General de Asuntos Ambientales – Energía y Minas), consistente en escoger sitios en base a los factores de visibilidad de los posibles derrames de hidrocarburos.

El número de puntos de muestreo, se determinó de acuerdo al área específica de afectación siguiendo la metodología recomendada por norma oficial mexicana: NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, en la cual actualiza los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo y establece las especificaciones para la caracterización y restauración del suelo afectado por hidrocarburos. El número mínimo recomendado se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 03: Puntos de muestreo de acuerdo al área.**

<b>ÁREA CONTAMINADA (Has)</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>
0.1	2
0.2	9
0.3	12
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1.0	20
2.0	25
3.0	27
4.0	30

*FUENTE: SEMARNAT 2003.*

El área delimitada para el muestreo, se basó en las zonas de mayor incidencia de derrames y fugas de hidrocarburos, teniendo en cuenta la topografía del terreno por donde fluyeron dichas sustancias. Ver anexo N° 05, fotografías N° 17 al 20.

Los puntos de monitoreo seleccionados, fueron 03; uno por cada fuente de contaminación: taller-patio de maquinaria, planta de asfalto y zona de combustible.

En la zona de acopio de asfalto líquido, sólo se determinó el volumen de suelo contaminado.

#### 3.2.2.4 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.

Los puntos seleccionados para el monitoreo de suelos contaminados por fugas y derrames de hidrocarburos se aprecia en el siguiente cuadro. Ver anexo N° 06, plano N° 02 y 03.

**Cuadro N° 04: Puntos de monitoreo de suelos contaminados con Hidrocarburos.**

ESTACIONES DE MONITOREO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Taller y patio de maquinaria.</b>	A 25 m de la fuente de contaminación.	Zona de flujo de aceites residuales y combustible proveniente del taller, patio de máquinas, lavadero, fugas y derrames de los cilindros con aceites usados, así como de las fugas del grupo electrógeno.
<b>Planta de asfalto</b>	A 50 m. de la fuente de contaminación.  A 0.30 m. de la fuente. *	Zona de evacuación de la canaleta que conduce el flujo de aceites residuales y bunker, procedentes de la planta de asfalto  Zona de fugas y derrames de bunker.
<b>Zona de combustible</b>	A 1 m. de la fuente de contaminación	Zona de flujo de combustible y aguas contaminadas con el mismo, producto de la escorrentia.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

\*Ubicación para los tres últimos monitoreos.

### 3.2.2.5 UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.

La ubicación georeferenciada y las características superficiales de cada uno de los puntos de monitoreo, durante la toma de muestras, se detalla en el cuadro N° 05.

**Cuadro N° 05: Ubicación georeferenciada de los puntos de monitoreo.**

CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM		COTA (m.s.n.m.)	CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DEL TERRENO
	Norte	Este		
Z - T	9503057.66	656664.94	118.60	Terreno ligeramente inclinado.
Z - A	9502982.28	656766.37	117.80	Suelo alterado con agregado de arena fina.
Z - A*	9502926.46	656790.38	121.10	Suelo cubierto por grava y arena fina.
Z - A**	9502929.22	656798.29	121.40	Suelo ligeramente cubierto con grava.
Z - C	9501527.37	657865.95	92.90	Área de derrames cubierta con arena fina.

FUENTE: *Elaboración propia.*

Z - T : Zona del taller y patio de máquinas.

Z - A : Zona de la planta de asfalto.

Z - A\*: Zona de la planta de asfalto, área de derrames de bunker.

Z - A\*\* : Zona del grupo electrógeno de la planta de asfalto.

Z - C : Zona de combustible.

### 3.2.2.6 FRECUENCIA DE MONITOREO Y NÚMERO DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS QUÍMICOS.

La frecuencia de monitoreo y el número de muestras tomadas para los análisis químicos en cada punto de monitoreo se aprecia en el cuadro N° 06.



**Cuadro N° 06: Frecuencia de monitoreo y número de muestras tomadas.**

<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	<b>NÚMERO DE MUESTRA</b>	<b>PUNTOS DE MONITOREO</b>
<b>02 DE NOVIEMBRE DEL 2004</b>		
<b>1- T</b>	<b>01</b>	Zona habilitada para el taller-patio de maquinaria antes de operar (muestra testigo). Profundidad: 30 cm.
<b>1- A</b>	<b>01</b>	Zona habilitada para la planta de asfalto antes de operar (muestra testigo). Profundidad: 30 cm.
<b>1- C</b>	<b>01</b>	Zona de combustible (muestra testigo) antes de operar. Profundidad: 30 cm.
<b>15 DE FEBRERO DEL 2005</b>		
<b>2- T</b>	<b>01</b>	Zona de evacuación de aceites residuales provenientes del taller, patio de maquinaria, grupo electrógeno y cilindros, al cabo del 50% de avance de obra. Profundidad: 30 cm.
<b>2- A</b>	<b>01</b>	Zona de evacuación de aceites residuales y bunker provenientes de la planta de asfalto, al cabo del 50% de avance de obra. Profundidad: 30 cm.
<b>2- C</b>	<b>01</b>	Zona de evacuación de diesel 2, al cabo de 50% de avance de obra. Profundidad: 30 cm.
<b>01 DE MAYO</b>		
<b>3- T</b>	<b>01</b>	Zona del flujo de aceite residual y fugas permanentes de aceite del grupo electrógeno, al cabo del 70 % de avance de obra. Profundidad: 15 cm.
<b>3- A</b>	<b>01</b>	Zona de fugas y derrames de bunker a 0.30 m. del tanque de almacenamiento, al cabo del 70 % de avance de obra. Profundidad: 15 cm.
<b>30 DE JUNIO DEL 2005</b>		
<b>4- T</b>	<b>01</b>	Zona del flujo de aceite residual y fugas permanentes de aceite del grupo electrógeno, al cabo del 80 % de avance de obra. Profundidad: 20 cm.
<b>4- A</b>	<b>01</b>	Zona de flujo de fugas y derrames de bunker a 0.30 m. del tanque de almacenamiento, al cabo del 80 % de avance de obra. Profundidad: 20 cm.
<b>3- C</b>	<b>01</b>	Zona de flujo combustible, producto de derrames y fugas del tanque de almacenamiento, al cabo del 80% de avance de obra. Profundidad: 20 cm.
<b>1-GE</b>	<b>01</b>	Zona de drenaje de las fugas de aceite de motor del grupo electrógeno de la planta de asfalto. Profundidad: 20 cm.

04 DE AGOSTO DEL 2005		
5- T	01	Zona del flujo de aceite residual y fugas permanentes de aceite del grupo electrógeno, al cabo del 95% de avance de obra, después de haber clausurado del grupo y tapado el suelo contaminado con grava de 3/4 y 3/8 de pulg. Profundidad: 20 cm.
5- A	01	Zona de fugas y derrames de bunker y aceites a 0.5 m. del tanque de almacenamiento, al cabo del 95 % de avance de obra, después de haber culminado la producción de asfalto. Profundidad = 20 cm.
4- C	01	Zona donde se produjo las fugas permanentes de combustible, después de un mes de haber sido clausurado el grifo. Profundidad: 20 cm.

FUENTE: *Elaboración propia*

T: Zona del Taller - patio de maquinaria.

A: Planta de asfalto.

C: Zona de combustible.

GE: Grupo electrógeno.

### 3.2.2.7 MUESTREO PARA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SUELO.

El muestreo para la determinación de las propiedades físicas del suelo, se realizó mediante el análisis físicos de laboratorio, siguiendo los métodos estandarizados del SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental - España), realizándose en cada punto de monitoreo una calicata de 0.50 m. cuadrados por 0.30 m. de profundidad, extrayéndose una muestra homogénea del perfil representativo de suelo en cantidad de 1 Kg.; colocándose en bolsas de polietileno etiquetas indicando la procedencia de la muestra, luego fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos de la empresa Consorcio Vial Nauta, para la realización de los análisis y determinar el tipo de suelo, porcentaje de humedad, contenido de materia orgánica y densidad natural.

La toma de muestras se realizó antes del inicio de operaciones en el campamento (muestra testigo), al cabo de 50% y 70% de avance de obra, con la finalidad de determinar las posibles alteraciones de las propiedades físicas del suelo por la presencia de hidrocarburos derramados, y poder contrastar con la teoría.

### **3.2.2.8 MUESTREO DE SUELO PARA ANÁLISIS QUÍMICO Y DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES.**

En la toma de muestra para los análisis químicos, se siguió los procedimientos estandarizados de IHOBE, los mismos que viene utilizando la DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales) en el sub-sector de Hidrocarburos – Energía y Minas. Las muestras se obtuvieron con la ayuda de un nucleador de PVC, de 30 cm. de longitud por 4 pulg. de diámetro en el primer y segundo monitoreo, de 15 cm. por 4 pulg. en el tercer monitoreo y de 20 cm. por 4 pulg. de diámetro en el cuarto y quinto monitoreo; introduciéndolo en el suelo hasta su totalidad y luego con la ayuda de una pala se procedió a suavizar el terreno del entorno del instrumento para poder extraer la muestra inalterada, seguidamente con una espátula se extrajo la muestra de suelo de la parte inferior del instrumento, colocándose en un envase de vidrio con tapa de teflón debidamente etiquetada y ubicadas en un termo de ambiente fresco, inmediatamente fueron enviadas 02 muestras (testigo) al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) y 01 muestra (testigo) al laboratorio Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) de la Facultad Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), en el segundo monitoreo se enviaron todas las muestras al laboratorio de la USAQ - UNMSM; para ser analizados y determinar la concentración de hidrocarburos totales y tipos de hidrocarburos presentes en el suelo.

Debido a que el equipo de análisis químico del laboratorio USAQ sufrió desperfectos que imposibilitó su operatividad, las muestras de los tres últimos monitoreos fueron enviados al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en donde se realizó únicamente análisis químicos para la determinación de hidrocarburos totales en porcentaje.

El método utilizado por los laboratorios para determinar la concentración total de hidrocarburos en el suelo (%), fue Soxhlet (EPA 3540) y GC – MS (EPA) para tipos de hidrocarburos.

La frecuencia de monitoreo, se estableció en base al avance de obra, con el propósito de cuantificar las diferencias acumulativas de fugas y derrames de hidrocarburos, conforme se incrementaban el ritmo de las actividades involucradas con el uso de hidrocarburos durante la ejecución de obra, tomándose una muestra testigo de los tres puntos de monitoreo antes de la operatividad de las instalaciones que generan contaminación del suelo por hidrocarburos, luego al cabo del 50%, 70%, 80% y 95% aproximadamente de avance de ejecución de obra. Ver anexo N° 05, fotografías del N° 21 al 27.

#### **3.2.2.9 MEDICIÓN FÍSICA DEL VOLUMEN DE SUELO VISIBLEMENTE CONTAMINADO.**

Para la medición relativa del volumen de suelo contaminado por derrames y fugas de hidrocarburos, se siguió los procedimientos del Manual Ambiental de Minera Yanacocha y PLUS PETROL, realizándose de la siguiente manera: se identificó los derrames producidos por día, así como el tipo de sustancia (petróleo, aceites usados, bunker, asfalto líquido); se delimitó el área de la mancha y luego se utilizó el método simple de medición, largo por ancho por profundidad obteniéndose el resultado en m<sup>3</sup>, registrándose la información en formatos de reporte diario de derrames de hidrocarburos. Ver anexo N° 01.

Para la medición de la profundidad, se hizo en base a la visibilidad de la sustancia aceitosa y cuando ésta era dificultosa se utilizó un vaso con agua limpia (se colocó una pequeña cantidad de suelo extraído de la parte inferior del sitio excavado y se dejó precipitarse en su totalidad, con el agua ya esclarecida se observó la formación de películas muy delgadas en la



superficie propias de los aceites y combustibles con densidad menor a la del agua). Ver anexo N° 05, fotografía N° 28.

Para la identificación de fugas y derrames de los productos contaminantes, se monitoreó todos los días las actividades de: carguío y abastecimiento de combustible, trabajos de preparación del líquido asfáltico para imprimación de la vía (sellado con asfalto líquido), días de producción de asfalto, trabajos de reparación y mantenimiento de equipos y maquinaria. La medición se realizó sólo en las manchas frescas; señalizándose para evitar confusión y volver a medir la misma mancha. Ver anexo N° 05, fotografía N° 29.

### **3.2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.**

Para el análisis e interpretación de resultados, se desarrolló de la siguiente manera:

#### **3.2.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN EL SUELO.**

Para la identificación de los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo, se ha revisado las normas ambientales del sector competente, Ministerio de Energía y Minas – Dirección de Asuntos Ambientales (DGAA) y el Sub - Sector Hidrocarburos, encontrándose que no se ha establecido los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo, pues nuestra legislación otorga mayor importancia a los recursos de agua y aire.

La presente investigación se ajusta a los estándares internacionales de contaminación de suelo.

Según norma oficial mexicana, NOM-138 – SEMARNAT/SS – 2003, que actualiza los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y establece las especificaciones para su



caracterización y remediación. Dichos límites se establecen en función a los productos asociados a los derrames de hidrocarburos, los mismos que se muestran en los siguientes cuadros N° 07 y N° 08.

**Cuadro N° 07: Análisis de hidrocarburos en función del producto contaminante**

PRODUCTO CONTAMINANTE	HIDROCARBUROS				
	FRACCION PESADA	HAPs	FRACCION MEDIA	HAPs	FRACCION LIGERA
Mezclas	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X		X	X	X
Emulsiones	X	X			
Asfalto	X	X			
Parafinas	X	X			
Accites	X	X			
Gasóleo			X	X	
Diesel			X	X	
Kerosén			X	X	
Gasavión					X
Gasolvente					X
Gasolinas					X
Gas nafta					X

FUENTE: NOM – SEMARNAT -2003

HAPs: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.

**Cuadro N° 08: Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en el suelo.**

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE <sup>1</sup> (mg./kg. base seca)		
	AGRÍCOLA <sup>1</sup>	RESIDENCIAL <sup>2</sup>	INDUSTRIAL
LIGERA	200	200	500
MEDIA	1,200	1,200	5,000
PESADA	3,000	3,000	6,000

FUENTE: NOM – SEMARNAT -2003

1: Suelo agrícola, incluye forestal, recreativo y de conservación.

2: Suelo residencial, incluye comercial

### 3.2.3.2 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO VS. LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES.

Para la evaluación de los resultados químicos con respecto a los límites máximos permisibles, se tomó como referencia los estándares internacionales, debido a que en nuestro país no se ha

establecido los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo. Se procesó el valor otorgado por el laboratorio de análisis químico (% de hidrocarburos) a peso en mg./kg. de suelo, para lo cual se solicitaron los datos de muestra al mismo laboratorio, con el propósito de poder establecer el nivel alcanzado de la concentración de hidrocarburos totales (TPH) en mg./Kg. de suelo, en la zona de estudio con respecto a los estándares internacionales de referencia.

#### **3.2.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400.**

La identificación y evaluación de impactos ambientales que producen las fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales, en donde se ubicaron las fuentes de contaminación: taller, patio de maquinaria, planta de asfalto y zona de acopio de asfalto líquido, se realizó en conjunto con los subsistemas y factores ambientales, haciendo uso de los métodos y técnicas de análisis de Leopold Battelle, T. Fisher and Davis heshold of Concern (TOC), resumiéndose en combinación con las listas de control descriptivas y escaleras ponderadas (Casas, 1995). Para lo cual se tomaron los siguientes criterios:

- Elaboración de una matriz de doble entrada (oferta y demanda ambiental) en la cual se identificó en la parte de oferta ambiental los elementos del ambiente evaluados en el estudio y en la parte de demanda ambiental, las sub etapas de construcción de la carretera con las diferentes actividades, las mismas que fueron evaluadas de acuerdo a la utilización de número de maquinaria y por lo tanto a la demanda de consumo de hidrocarburos y generación de aceites residuales, con lo cual, se generan mayores probabilidades de fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento Ver matriz N° 01.

- La valorización de los impactos identificados, se consigue mediante el cruce de las sub-etapas de construcción de la carretera, frente a los factores ambientales evaluados. La valorización cualitativa se realizó clasificando los impactos de acuerdo a la escala de valoración que se aprecia en el cuadro N° 09. Ver matriz N° 02.
- La valorización cuantitativa, se realizó ponderando mediante un valor escalar máximo en cada sub factor ambiental del diferente factor ambiental evaluado de acuerdo a la escala de valoración que se muestra en el cuadro N° 09. Dicha valorización se aprecia en la matriz N° 03.

**Cuadro N° 09: Ponderación escalar de impactos ambientales.**

CLASIFICACIÓN	SÍMBOLO	VALOR ESCALAR MÁXIMO	CONCEPTO
MUY ÓPTIMO	MO	1.00	IMPACTO MUY POSITIVO (+)
ÓPTIMO ALTO	OA	0.875	IMPACTO POSITIVO (+)
ÓPTIMO MEDIO	OM	0.750	
ÓPTIMO BAJO	OB	0.625	
REGULAR	R	0.50	IMPACTO MEDIO (+/-)
IRREGULAR ALTO	IA	0.375	IMPACTO NEGATIVO (-)
IRREGULAR MEDIO	IM	0.250	
IRREGULAR BAJO	IB	0.125	
MUY IRREGULAR	MI	0.00	IMPACTO MUY NEGATIVO (-)

FUENTE: Casas, 1995.

- La vulnerabilidad de los factores ambientales, se determinó mediante el número de incidencias sobre unidades de impacto ambiental (UIA) tal como se muestra en la matriz N° 04.
- El índice de calidad ambiental, se obtiene de la división del número de incidencias y unidades de impacto ambiental, tal como se muestran los resultados en la matriz N° 05.
- Los niveles escalares óptimos de calidad ambiental, se obtiene mediante la multiplicación del índice de calidad ambiental con el

número de incidencias de los factores ambientales, cuyos resultados permiten tener el patrón de monitoreo y mitigación de la calidad ambiental de las fuentes de generación de contaminación de suelos en las instalaciones del campamento de las plantas industriales de la carretera Iquitos – Nauta. Ver matriz N° 06.

- Los niveles escalares óptimos de calidad ambiental valorado, se obtiene mediante la sumatoria de la valoración de los impactos identificados. Ver matriz N° 07.
- La determinación del nivel de calidad ambiental, para la cual también se determinó el nivel de calidad ambiental relativo, la prioridad horizontal y vertical.

El nivel de calidad ambiental, resulta de la multiplicación del índice de calidad ambiental por los niveles escalares óptimos de calidad ambiental valorado.

El nivel de calidad ambiental relativo se obtiene con la regla de tres simples:

Niveles escalares óptimos de calidad ambiental	—————→	100%
Nivel de calidad ambiental	—————→	X

X = Nivel de calidad ambiental relativa (%)

**Prioridad Horizontal** (demanda ambiental). Esta priorización se considera en forma ascendente para la calidad ambiental relativa, se va considerando como prioridad (1, 2,....., n.) desde el nivel de calidad relativa mínimo hasta el máximo respectivamente.

**Prioridad Vertical** (oferta ambiental). Se realiza de la misma forma que la prioridad horizontal. Ver matriz N° 08.

- La valoración escalar cuantitativa de calidad ambiental se obtiene de la sumatoria de la valorización cuantitativa del impacto de cada factor ambiental evaluado. Ver matriz N° 09.
- La valorización escalar cualitativa, se realizó clasificando los impactos, valorados cuantitativamente, de acuerdo al valor escalar máximo de impactos ambientales mostrados en el cuadro N° 09. Ver matriz N° 10.

### **3.2.5 IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS PARA RESTAURACIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR HIDROCARBUROS.**

Para la identificación de las medidas de restauración, se revisó la bibliografía de las experiencias realizadas en la descontaminación de suelos afectados por hidrocarburos mediante las técnicas físicas y biológicas.

Para la presente investigación, se eligieron las técnicas que más se ajustaron a la realidad del problema, teniendo en cuenta los lineamientos ambientales del sector, así como la disponibilidad logística con la que cuentan las empresas constructoras, de tal manera que las medidas tengan la viabilidad y efectividad en el cumplimiento.

Es importante indicar que la adopción de las medidas de restauración, está en función del volumen de suelo afectado y al periodo de ejecución de obra, teniendo en cuenta que la mayoría de obras de infraestructura vial se dividen por tramos, para los cuales se establece un periodo límite de tiempo de ejecución de obra.



#### IV. RESULTADOS.

##### 4.1 DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.

En la determinación de la línea de base ambiental se tomó en cuenta los componentes bióticos, abióticos y socio - económicos del entorno.

##### 4.1.1 ZONA DEL TALLER, PATIO DE MAQUINARIA Y PLANTA DE ASFALTO.

###### 4.1.1.1 DATOS GENERALES.

El área de estudio se ubica entre las coordenadas UTM: N 9502000 a N 9522000 y E 658000 a 66, a la altura del Km. 2+400, lado derecho de la carretera Nauta - Iquitos, a una altura de 119.5 m.s.n.m. (Ver anexo N° 06, plano N° 01), con una extensión de 4.5 hás. distribuidas de la siguiente manera:

**Cuadro N° 10: Distribución del área por establecimientos.**

N°	Establecimientos	m²
1	Laboratorio de suelos y pavimentos	40.75
2	Almacén	50.00
3	Taller y patio de maquinaria	1278.13
4	Planta de suelos	92.31
5	Planta de asfalto	1149.31
6	Galpones para acopio de material	2053.88
7	Chancadoras y zaranda	664.78
8	Área libre	39250.69
<b>Total</b>		<b>44579.85</b>

FUENTE: *Elaboración propia*

El área ocupada es un pasivo ambiental, que anteriormente fue utilizado para actividades de granja-avícola y posteriormente abandonado, albergando especies herbáceas (malezas).

#### **4.1.1.2 ENTORNO ABIÓTICO.**

##### **Geomorfología.**

La zona de estudio consiste de una colina baja de superficie plana con pendientes moderadas, rodeada de amplias depresiones naturales de terreno, muchas de ellas forman unidades hidromórficas, inundadas la mayor parte del año por aguas fluviales y pluviales, cubiertas por una densa vegetación tropical del tipo de bosque secundario, destacándose la vegetación típica de dichas unidades la palmera aguaje. Ver anexo N° 05, fotografía N° 30.

##### **Topografía.**

El terreno de la zona de estudio es relativamente semiplano con una variación poco significativo de nivel de 3 a 5 m., así lo demuestran las cotas del nivel de todo el área que aparecen en el plano topográfico. Dicha área está provista de un drenaje natural que conduce las aguas hacia las depresiones naturales adyacentes, las mismas que son accidentadas y con pendiente moderada, cubiertas por densa vegetación.

##### **Hidrología.**

La zona de estudio se encuentra rodeada de numerosas y amplias depresiones naturales, que en su conjunto forman un gran número de cursos de aguas permanentes y no permanentes, siendo afluentes de dos riachuelos de importancia que cruzan por la vía y muy cerca de las fuentes de contaminación, con agua permanente todo el año, los mismos que desembocan en la quebrada denominada Zaragoza, cuyas aguas abajo son aprovechadas para uso doméstico de la población del asentamiento humano Señor de los Milagros.

El agua producto de la escorrentía durante la precipitación, sobre los suelos contaminados de la zona de la planta de asfalto, discurren hacia una poza artesanal de retención de aguas residuales y ésta evacua sus aguas hacia un curso de agua ubicado al pie del talud del terreno, el mismo que desemboca directamente en la quebrada Zaragoza. Ver anexo N° 05, fotografía N° 31.

**Suelo.**

De acuerdo a los resultados obtenidos, tanto en campo como en laboratorio, se ha observado una generalización de materiales, que comprenden a suelos cohesivos del tipo arcilla de baja y alta compresibilidad. La estratigrafía presenta materiales formado por arcillas puras y arcillas limosas con clara ausencia de material granular grueso. Estos materiales presentan una consistencia que varía de blanda a muy blanda correspondiendo valores de que varían de 0.25 a 2.0 kg./cm<sup>2</sup>.(SUCS). En este grupo se encuentran los suelos del tipo arcilla de baja compresibilidad (CL) y los suelos limos arcillosos de baja compresibilidad (CL-ML).

En el área específica de muestreo, el suelo de fundación (sin alteración) estuvo constituido por arcilla inorgánica, arcilla limosa, de baja permeabilidad con humedad relativamente moderada, sobre éste, se colocó capas de 5 cm. a 15 cm. de espesor de arena fina extraída del río Marañón con la finalidad de estabilizar el terreno arcilloso y facilitar el tránsito de vehículos pesados, ya que el material de fundación es de máxima retención de agua pluvial, permaneciendo mucho tiempo húmedo. Posteriormente se fue agregando finas capas de gravilla de 3/8 y 3/4 pulg. de diámetro, cambiando así, la composición superficial de la granulometría del suelo. Ver Anexo N° 02 y anexo N° 05, fotografía N° 32.

**Climatología.**

El clima de la zona del proyecto, es de tipo selva tropical permanentemente húmedo (Koppen) debido a la gran cantidad de agua de vapor en el aire, con precipitaciones superiores a los 2000 mm. anual, humedad relativa mayor al 75% y una temperatura media anual superior 27°C, las máximas absolutas mayores a 35°C y las mínimas oscilan entre 20°C y 22°C. La variación térmica diaria es perceptible y el calor se siente a lo largo del día y de la noche (SENAMHI, 2004). En el cuadro N° 11 se aprecia los datos meteorológicos correspondientes al tiempo de ejecución de la presente investigación.

**Cuadro N° 11: Resumen de datos meteorológicos mensuales.**

PARÁMETROS	MESES 2004 – 2005								
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Temperatura media mensual (°C)	27.4	26.4	26.8	27.0	26.1	27.2	26.6	27.4	25.8
Precipitación media mensual (mm.)	335.6	261.2	195.8	225.9	271.3	240.6	128.1	227.9	87.6
Velocidad promedio del viento (m/s)	3.5	2.8	3.4	3.4	2.6	3.0	2.8	3.5	1.6
Humedad relativa (%H°)	87	92	79	90.0	81	91	86	89	90

FUENTE: SENAMHI 2004 -2005

#### 4.1.1.3 ENTORNO BIÓTICO.

##### Flora.

En el entorno de la zona de estudio, se observa una densa vegetación, con altísima diversidad de especies vegetales. El dosel vegetativo se caracteriza por un bosque medianamente alto, exhuberante, tupido y cargado de bromeliáceas, orquídeas, lianas y bejucos. Los tallos o fustes de casi todos los árboles están tapizados y envueltos por abundantes epífitas y trepadoras, en las que son notables las aráceas, de hojas grandes y vistosas, y de gran variedad de helechos, líquenes y musgos que se adhieren tanto al tronco como a los paquetes macizos que conforman las trepadoras. Entre las especies maderables, predominan especies de *vernonia patens* (ocuera), y *acacia polyphylla* (pashaco). En el recorrido se pudo apreciar diversos hornos para elaboración de carbón, debido a que el bosque alberga gran cantidad de especies preferidas para dicha actividad socio económica. Ver anexo N° 05, fotografía N° 33.

##### Fauna.

El entorno de la zona de estudio cuenta con variada fauna silvestre, destacándose las especies *Brotogeris sanctithomae* (pericos de frente amarilla) y especies de monos *Saimiri boliviensi* (frailecillo); especies se observó continuamente su presencia en los árboles muy próximos.



De acuerdo el Diagrama de Holdrige, la única zona de vida que se ubica en el área del proyecto, es la correspondiente a bosque húmedo – tropical (bm-T), ubicada en la región latitudinal tropical. Su distribución geográfica es amplia y típicamente denominada Selva Baja, por encontrarse por debajo de los 350 m.s.n.m., tal como se aprecia en el gráfico N° 02.

[illegible]

Aguas debajo de la quebrada Zaragoza que pasa por la zona de estudio se ubica el asentamiento humano denominado Señor de los Milagros con una población de 36 familias, quienes hacen uso del agua de dicha quebrada para consumo doméstico.

Durante la ejecución de obra, cuando se empezó con los trabajos preliminares de producción de la planta de asfalto, se presentó conflicto con los mencionados pobladores, por presunta contaminación del agua de la quebrada Zaragoza con aguas



residuales provenientes de la planta de asfalto, producto de la escorrentía que lava el suelo contaminado con hidrocarburos (aceites residuales y bunker) durante la ocurrencia de lluvias. Ver anexo N° 05, fotografía N° 34.

#### **4.1.2 ZONA DE COMBUSTIBLE.**

Este establecimiento por encontrarse dentro de la ciudad de Nauta, únicamente se tuvo en cuenta aspectos físicos y socio – económicos.

##### **4.1.2.1 DATOS GENERALES.**

La zona de combustible, estuvo ubicado a orillas de la margen izquierda de un brazo del río Marañón, a una altura de 92.60 m.s.n.m., dentro del casco urbano del distrito de Nauta, en el jirón Petrorápido, al costado de un pequeño puerto utilizado para el desembarcadero de barcaza con arena fina para construcción. Ver anexo N° 06, plano N° 02.

El establecimiento se venía usando desde hace mucho tiempo y era el que abastecía de combustible a la ciudad de Nauta; sin embargo, por política de la Municipalidad, se dejó de usar en los últimos 5 años

##### **4.1.2.2 ENTORNO ABIÓTICO.**

El entorno físico de importancia, lo constituye el agua turbia que discurre por el caudaloso brazo del río Marañón, de aproximadamente 400 a 500 m. de ancho. Por dicho brazo del río, circulan numerosas embarcaciones comerciales, que realizan itinerarios Yurimaguas – Iquitos y viceversa, embarcaciones petroleras procedentes de la refinería, transportando combustible a la ciudad de Iquitos. Asimismo, en el mismo brazo del río y muy cerca de la zona de estudio, se encuentran instalados grifos flotantes de combustibles, los cuales abastecen a la población de Nauta.

#### **4.1.2.3 ENTORNO BIÓTICO.**

El entorno biótico, está repensado únicamente por las especies ictiológicas que alberga el brazo del río Marañón; las mismas, que por su presencia parece no ser afectadas por las sustancias tóxicas que ingresan al río.

#### **4.1.2.4 SOCIO-ECONÓMICO.**

En el entorno socio-económico, se encuentran los propietarios de las viviendas más próximas (3 a 5 m.) al establecimiento; cuyos patios de recreación de sus niños, podría ser afectado por derrames de combustible atentando contra la salud de los mismos, así como de un inminente riesgo de incendio debido a la inflamabilidad del combustible y del material de construcción de sus viviendas (madera y caña brava techado con palmera).

Las actividades que se realizan en este lugar, son el desembarque de arena fina extraída del mismo río, la cual es muy utilizada para las obras civiles ya que el material de agregados (piedra) no hay en la región. Ver anexo N° 05, fotografía N° 35.

### **4.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES Y ZONA DE COMBUSTIBLE.**

#### **4.2.1 RESULTADO DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS DEL SUELO.**

La caracterización física del suelo en los puntos monitoreados durante los 9 meses (taller y patio de máquinas, planta de asfalto y zona de combustible), realizado desde el inicio, al cabo del 50% y 70% de avance de ejecución de la carretera Iquitos – Nauta, se muestra en el cuadro N° 12.

**Cuadro N° 12: Caracterización física del suelo en los puntos de monitoreo.**

MUESTRA	PARÁMETROS FÍSICOS DEL SUELO				
	Tipo de suelo	Humedad (%)	Cont. m.o (%)	Densidad (gr. /cc.)	Permeabilidad (m/seg.)
<b>NOVIEMBRE DEL 2004</b>					
M-1: Taller y patio de máquinas	CL: Arcilla limosa con trazas de arena. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 83.6%	36.5	1.80	1.586	$10^{-6} - 10^{-9}$
M-1: Planta de asfalto	CL: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 82.4%	26.5	0.79	1.564	$< 10^{-9}$
M-1: Zona de combustible	SC: Arena limosa. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 82.9%	32.6	1.16	1.573	$10^{-5} - 10^{-7}$
<b>FEBRERO DEL 2005</b>					
M-2: Taller y patio máquinas.	SC: Arena arcillosa limosa. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 86.7%	32.1	0.79	1.645	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-2: Planta de asfalto	CL: Arcilla inorgánica. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 85.6%	29.5	0.42	1.623	$< 10^{-9}$
M-2: Zona de combustible	SC-MS: Arena limosa Profundidad: 0.30 m. Compactación: 86.4%	27.1	0.72	1.639	$10^{-5} - 10^{-7}$
<b>MAYO DEL 2005</b>					
M-3: Taller y patio máquinas	SC: Arena limosa con trazas de arcilla. Profundidad: 0.20 m. Compactación: 90.3%	29.8	1.42	1.713	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-3: Taller y P. máquinas – 1DAA	SC- SM: Arena limosa con trazas de arcilla. Profundidad: 0.20 m. Compactación: 91.5%	27.7	1.12	1.735	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-3: Planta de asfalto – 1B	SC: Arena arcillosa limosa. Profundidad: 0.20 m. Compactación: 90.0%.	27.7	3.4	1.707	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-3: Planta de asfalto – 1B2	CL: Arcilla inorgánica de mediana plasticidad. Profundidad: 0.30 m. Compactación: 93.2%	27.3	1.14	1.768	$< 10^{-9}$

M-3: Planta de asfalto – IGE	SC: Arena arcillosa, color beige con manchas anaranjadas. Profundidad: 0.20 m. Compactación: 90.5%	36.1	0.33	1.716	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-3: Planta de asfalto – TAT	SC- SM: Arena limosa con trazas de arcilla. Profundidad: 0.20 m Compactación: 91.9%.	27.8	1.0	1.744	$10^{-5} - 10^{-7}$
M-3: Zona de combustible	SC: Arena limosa, con trazas de arcilla. Profundidad: 0.20 m. Compactación: 89.3 %	22.2	0.79	1.694	$10^{-5} - 10^{-7}$

FUENTE: *Elaboración propia*

**IDAA** : Muestra tomada en la zona de drenaje de aceites residuales - taller y patio de maquinaria

**IB, B2** : Muestras tomadas en la zona de derrames de bunker - planta de asfalto.

**IGE** : Muestra tomada en la zona de fugas de aceites del grupo electrógeno – planta de asfalto.

**TAT** : Muestra tomada en la zona de fugas de aceite térmico - planta de asfalto.

Como se puede observar en el cuadro N° 12, el tipo de suelo predominante en el área de las plantas industriales, antes de iniciar las actividades de ejecución de obra, es arcilloso con alto contenido de humedad, lo cual indica una rápida saturación de agua al producirse la precipitación. En la zona de combustible el suelo es de tipo arena limosa, granulometría que se mantiene durante el tiempo de ejecución de obra.

En la zona del taller-patio de maquinaria, a partir del segundo monitoreo se observa un ligero cambio en la granulometría del suelo con tendencia a arena arcillosa, debido a que se colocó arena fina en el terreno para contrarrestar la plasticidad de la arcilla y facilitar el tránsito vehicular.

En la zona de la planta de asfalto, las características granulométricas del suelos se mantienen hasta el segundo monitoreo, lo cual indica que en dicha zona no se produjo alteración alguna que modificara la textura del suelo.

En el tercer monitoreo, el punto de muestreo se trasladó a la zona más próxima a la fuente de fugas y derrames de bunker y aceites residuales, tomándose 04 muestras de suelo, de las cuales, el punto 1B2 (zona de derrames de bunker), tiene el mismo tipo de suelo que la ubicación anterior(arcilla inorgánica), en los otros puntos de muestreo 1B1 (zona de fluido del bunker), y 1GE (zona de flujo de fugas y derrames de aceite

motor del grupo electrógeno), el tipo de suelo identificado es de arena arcillosa, y el punto de muestreo 1TAT (zona de flujo de las fugas y derrames de aceite térmico proveniente del equipo estacionario de calefacción; el suelo es del tipo arena limosa, debido a que en ésta zona se introdujo gran cantidad de arena fina para absorber las fugas de aceite.

El porcentaje de humedad del suelo tiende a disminuir en los 03 puntos de monitoreo, de alto a moderadamente alto, a bajo. Esto guarda relación con el cambio en granulometría del suelo, el suelo arcilloso retiene mayor humedad que el suelos arenoso. Ver Anexo N° 03.

El contenido de materia orgánica para los puntos de monitoreo del taller y zona de combustible tiende a disminuir con respecto al primer monitoreo (testigo). Sin embargo para el nuevo punto de monitoreo de la planta de asfalto (1B), se observa mayor valor de contenido de materia orgánica con respecto a los demás.

En los tres puntos de monitoreo, se puede apreciar que las densidades se van incrementando durante los monitoreos, por lo que significa que la compactación del terreno va en aumento.

El coeficiente de permeabilidad atribuido a los tipos de suelos, identificados en el área de estudio antes de iniciar las actividades de construcción, a una profundidad de 0.30 m., es muy bajo (según tabla de la ley Darcy, 1803 - 1858). Para el segundo y tercer monitoreo tiene una tendencia a subir de muy baja a baja, por lo que es muy probable que la concentración de los hidrocarburos vertidos producto de fugas y derrames, sea muy superficial y permanezcan adheridos en las partículas del suelo y que la producirse la precipitación dichas sustancias flotan a la superficie y son transportadas por la escorrentía a los cursos de aguas adyacentes.

#### **4.2.2 RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO.**

Los resultados obtenidos de los análisis químicos para determinar la concentración total de hidrocarburos presentes en el suelo; antes, durante y al cabo del 95% de ejecución de obra, en las 05 fechas de monitoreo en los



tres puntos establecidos, realizado desde el mes de noviembre del 2004 hasta el mes de agosto del 2005, se muestra en el cuadro siguiente:

**Cuadro N° 13: Concentración de hidrocarburos totales en el suelo.**

PUNTOS DE MONITOREO	CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (mg./Kg. de suelo)									
	NOV.		FEB.		MAY.		JUN.		AGO.	
Taller y patio de máquinas	0 <sup>a</sup>	a	0 <sup>a</sup>	a	23573 <sup>1</sup>	b	5580 <sup>1</sup>	c	4225 <sup>1</sup>	c
Planta de asfalto	0 <sup>a</sup>	a	0 <sup>a</sup>	a	6721 <sup>1</sup>	b	777 <sup>1</sup>	c	970 <sup>1</sup>	c
Zona de combustible	0 <sup>a</sup>	a	0 <sup>a</sup>	a	--		23.7 <sup>1</sup>	c	112 <sup>1</sup>	c
Grupo electrógeno (P. Asfalto)	--		--		--		1647 <sup>1</sup>	c	--	

FUENTE: *Elaboración propia.*

1. Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP.
2. Laboratorio USAQ – de la Facultad de Ingeniería Química de Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM.

a: Profundidad: 30cm.      b: Profundidad: 15cm.      c: Profundidad: 20cm.

En el cuadro N° 13, se observa que en los monitoreos del mes de noviembre (muestra testigo) y febrero (al cabo del 40% de avance de obra), los tres puntos seleccionados no se registran concentraciones de hidrocarburos totales en el suelo a una profundidad de 30 cm. A partir del tercer monitoreo a una profundidad más superficial de 15 cm. se aprecia concentraciones muy significativas de hidrocarburos totales, siendo 23573 mg./Kg. de suelo para el taller-patio de máquinas y 6721 mg./Kg. de suelo para la planta de asfalto, reduciendo la concentración a una profundidad ligeramente mayor de 20 cm. en los dos últimos monitoreos, con 5580 y 4225 mg./Kg. de suelo para el taller-patio de máquinas, y la planta de asfalto con 777 y 970 mg./Kg. de suelo.

En la zona de combustible no se muestreó en el mes de mayo. Registrando baja concentración de hidrocarburos totales en el mes de junio con 23.7 mg./Kg. de suelo, y 112 mg./Kg. de suelo para el mes de agosto. Cabe indicar que la última muestra fue tomada en el mismo lugar de las fugas y derrames de combustible después de 20 días que el establecimiento dejara de operar; lo cual justificaría la mayor concentración de hidrocarburos.

La concentración de hidrocarburos en la zona del grupo electrógeno es mayor que las dos últimas concentraciones del punto seleccionado en la planta de asfalto. La muestra fue tomada como referencia en donde se observó fugas permanentes de aceites.

#### **4.2.3 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE SUELO CONTAMINADO POR FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS.**

La medición del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames (tanto accidental o provocado) de hidrocarburos en las instalaciones de: el taller-patio de máquinas, planta de asfalto, zona de acopio de cilindros con asfalto líquido (RC-250) y zona de combustible durante la ejecución de obra, se realizó por día, teniendo en cuenta el tipo de sustancia derramada, siendo: diesel 2, aceites residuales, bunker y asfalto líquido (RC-250); desde el inicio de las actividades hasta el avance del 95% de obra (ver anexo N° 06, planos N° 04 y 05), realizándose reportes diarios de derrames de hidrocarburos, el cual se detalla a continuación:

##### **4.2.3.1 REPORTE DIARIO DE FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL SUELO.**

Se registraron un total de 580 reportes de derrames de hidrocarburos, distribuidos por producto contaminante derramado, tal como se aprecia en el cuadro N° 14.

**Cuadro N° 14: Volumen de suelo contaminado por hidrocarburos**

<b>TIPO DE SUSTANCIA</b>	<b>NÚMERO DE REPORTES</b>	<b>SUELO CONTAMINADO (m³)</b>
Diesel 2 (combustible)	257	17.4395
Aceites residuales	144	58.3330
Bunker	82	33.0784
Asfalto líquido (RC - 250)	97	11.2725
<b>TOTAL</b>	<b>580</b>	<b>120.1234</b>

*FUENTE: Elaboración propia.*

En el cuadro N° 14, se observa que el mayor volumen de suelo contaminado durante el tiempo de ejecución de obra, corresponde a los productos contaminantes de aceites residuales y bunker; sin embargo, éstos registran menor número de reportes que el bunker y

asfalto líquido, lo cual indica que los derrames y fugas fueron de mayor volumen de producto derramado, por tanto, éstos abarcaron mayor superficie horizontal en el terreno.

El diesel 2, reportó mayor número de registros de fugas y derrames, sin embargo, el volumen de suelo contaminado es menor que el bunker y aceites residuales; esto indica que la cantidad del producto derramado fueron pequeñas cantidades, las mismas que abarcaron menor superficie horizontal (pequeñas manchas).

El menor volumen de suelo contaminado corresponde al producto contaminante de asfalto líquido RC -250; esto se debe básicamente a que los trabajos de imprimación (sellado de base granular) basado en la utilización del producto, fueron sólo algunos días durante el mes. Asimismo, el asfáltico líquido es de alta viscosidad; propiedad que depende de elevada temperatura para fluir.

Es importante indicar que el tipo de suelo superficial (capa de 5 a 15 cm. de espesor) en la zona de: taller-patio de maquinaria, acopio de asfalto líquido, y planta de asfalto; corresponde a un suelo arenoso con un gran porcentaje de grava de 3/4 y 3/8 de pulg. de diámetro; material que la empresa colocó para contrarrestar la plasticidad del material arcilloso y permitir el tránsito vehicular.

La distribución de fugas y derrames por mes se muestran en los siguientes gráficos estadísticos:

**a) Distribución mensual del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames de diesel 2.**

En los 9 meses se obtuvieron un total de 257 reportes entre fugas y derrames de combustible diesel 2, tanto en el patio de maquinaria durante el abastecimiento de combustible por la cisterna, así como en la zona del grifo y tanque de almacenamiento. El volumen de suelo contaminado por mes se aprecia en el cuadro N° 15.

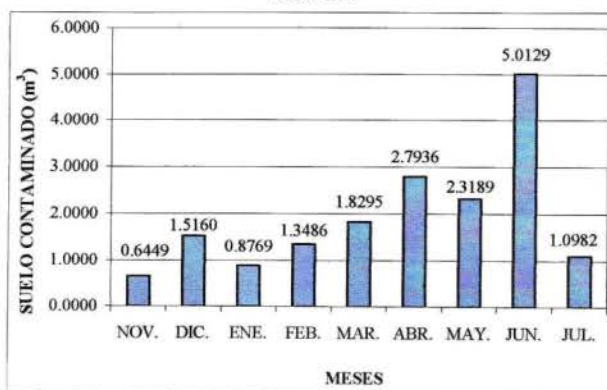
**Cuadro N° 15: Volumen mensual de suelo contaminado por diesel 2.**

SUELO CONTAMINADO (m <sup>3</sup> )								
NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
0.6449	1.5160	0.8769	1.3486	1.8295	2.7936	2.3189	5.0129	1.0982

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual de volumen de suelo contaminado por diesel 2, en el patio de maquinaria y zona de combustible se aprecia en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 03: Variación mensual de suelo contaminado por diesel 2.**



FUENTE: Elaboración propia

El valor mensual del volumen de suelo contaminado por diesel 2 tiende a incrementarse mes a mes, observándose una disminución en el mes de enero, debido a que los trabajos se paralizaron por 15 días. El valor más alto corresponde al mes de junio con 5.0129 m<sup>3</sup>. de suelo contaminado, mes en que se intensificaron los trabajos de construcción de la carretera por vencimiento del plazo establecido para su ejecución.

➤ **Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de diesel 2 en el suelo.**

Las profundidades de filtración de diesel 2 en el suelo, se obtuvo del promedio de las profundidades tomadas por cada mancha de suelo contaminado, tomándose de 2 a 3 profundidades, de las cuales se obtuvo un promedio y así

poder determinar el volumen de suelo contaminado en m<sup>3</sup>. por cada mancha.

El promedio mensual de profundidades alcanzadas por las fugas y derrames de diesel 2 se aprecia en el cuadro N° 16, considerándose tres categorías: máxima, media y mínima. Siendo la profundidad media, el valor que prevaleció en la mayoría de los reportes.

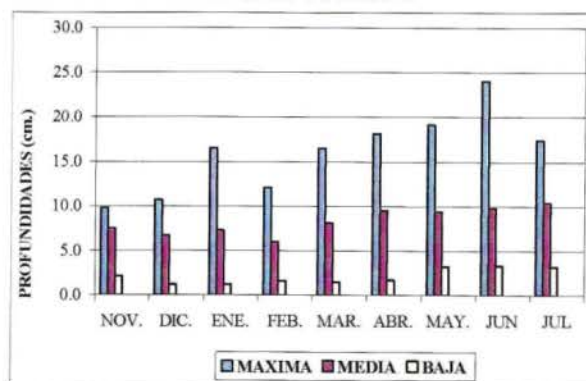
**Cuadro N° 16: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de diesel 2.**

PROFUNDIDADES (cm.)	MESES								
	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
MAXIMA	12.0	10.7	20.5	12.1	16.5	18.1	18.2	24.0	22.0
MEDIA	7.5	6.7	7.3	6.0	8.1	9.5	9.4	9.8	10.4
MÍNIMA	3.7	1.2	1.2	1.6	1.5	1.7	3.2	3.3	3.2

FUENTE: Elaboración propia

La variación de las profundidades de fugas y derrames de diesel 2 por meses de monitoreo, se aprecian mejor en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 04: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de diesel 2**



FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 04, se observa que tanto valores de las profundidades máximas y medias tienden a incrementarse del mes de noviembre al mes de junio, a excepción del mes



de febrero en donde observa una ligera disminución. Los valores promedios para las profundidades máximas son de 12.0 a 24.0 cm., de 7.5 a 10.4 cm. para las profundidades medias, y de 1.2 a 3.7 cm. para las mínimas.

El aumento de las profundidades se atribuye al factor de permeabilidad del falso suelo (capas de arena fina mezclado con grava) que se fue colocando tanto en la zona de las plantas industriales, así como en la zona de combustible.

➤ **Causas de fugas y derrames de diesel 2 en el suelo.**

Las causas de fugas y derrames de diesel 2, se determinaron teniendo en cuenta los ítems del formato de reportes que se refieren a lo siguiente: actividad responsable, maquinaria o equipo que causó el derrame o fuga, como sucedió el incidente.

Los resultados obtenidos del total de reportes durante los 9 meses de monitoreo se aprecian en el cuadro N° 17.

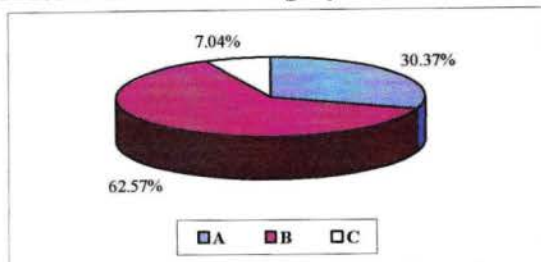
**Cuadro N° 17: Causas de fugas y derrames de diesel 2.**

<b>CAUSAS DE FUGAS Y DERRAMES DE DIESEL 2</b>		<b>VOLUMEN (m³)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>A</b>	Durante el abastecimiento: exceso en el llenado del tanque de combustible de los vehículos, inadecuada posición del surtidor (apuntando hacia el suelo).	5.2979	30.37
<b>B</b>	Inadecuado sistema de abastecer a los equipos estacionarios (con baldes), empaques de los tanques de combustible de los vehículos deteriorados, produciéndose fugas durante el parqueo.	10.9130	62.57
<b>C</b>	Abandono de recipientes con el líquido utilizado para trabajos de mantenimiento de maquinaria (lavado de piezas mecánicas menores).	1.2286	7.04
<b>TOTAL</b>		<b>17.4395</b>	<b>100</b>

FUENTE: Elaboración propia

Las causas de fugas y derrames de diesel 2 en porcentaje, se representa en el gráfico N° 05.

**Gráfico N° 05: Causas de fugas y derrames de diesel 2.**



FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico N° 05 se observa que el mayor porcentaje de suelo contaminado corresponde a la causa B, atribuida al exceso en el llenado de combustible a los vehículos e inadecuada posición del surtidor, con 62.57%, y la causa A, atribuida al inadecuado sistema de abastecimiento a los equipos estacionarios y empaques de tanques de vehículos deteriorados, con 30.37%.

**b) Distribución mensual del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames de aceites residuales.**

Se obtuvieron un total de 144 reportes entre fugas y derrames de aceites residuales, tanto en el taller - patio de maquinaria, zona de acopio de aceites residuales, zona de equipos de generación eléctrica del taller y planta de asfalto, zona de los equipos térmicos (quemador de aceite térmico) de la planta de asfalto.

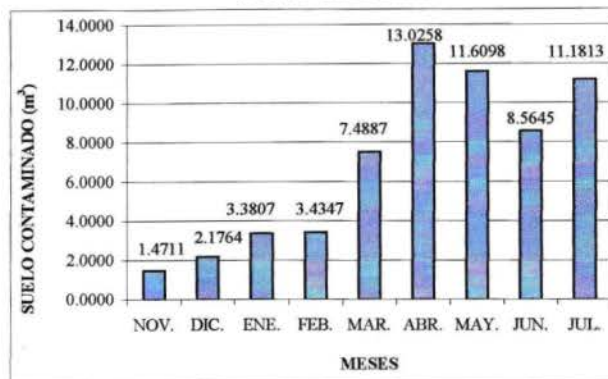
**Cuadro N° 18: Volumen mensual de suelo contaminado por aceites residuales.**

SUELO CONTAMINADO (m <sup>3</sup> )								
NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
1.4711	2.1764	3.3807	3.4347	7.4887	13.0258	11.6098	8.5645	11.1813

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual de volumen de suelo contaminado por aceites residuales se aprecia en el gráfico N° 06.

**Gráfico N° 06: Variación mensual del suelo contaminado por aceites residuales.**



*FUENTE: Elaboración propia.*

Se observa en el gráfico N° 06, que el volumen del suelo contaminado por aceites residuales tiende a incrementarse ligeramente del noviembre a mes de febrero, y luego se observa drástico incremento del mes de marzo a julio, registrando valores más altos en los meses de abril, mayo y julio con 13.0258, 11.6098 y 11.1813 m³.

El diferenciado aumento de volumen se debe a que en dichos meses se incrementaron también los trabajos y actividades de construcción de la carretera; los mismos que demandaron mayor número de maquinaria y horas trabajadas, por tanto, mayor demanda de hidrocarburos (aceites lubricantes); lo cual significa también mayor generación de aceites residuales.

La generación de aceites residuales es producto del mantenimiento periódico (cada 250, 500, 750 y 1000 horas máquina trabajadas) de maquinaria pesada para su rendimiento óptimo en el trabajo.

➤ **Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales en el suelo.**

Las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales, estuvo en función a la granulometría del falso suelo que se fue colocando en la zona de estudio (arena

fina y grava de 3/8 pulg. de diámetro). Los valores de las profundidades por mes se aprecian en el cuadro N° 19. Ver anexo N° 05, fotografía N° 36.

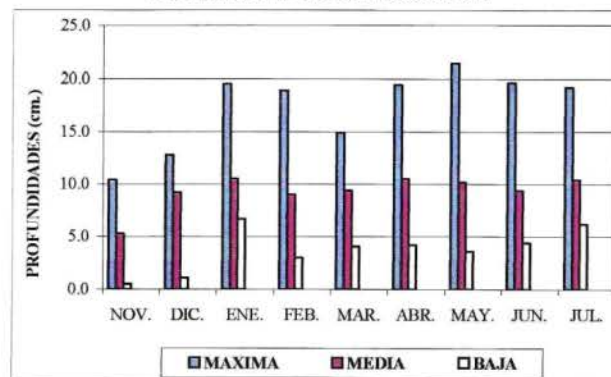
**Cuadro N° 19: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales.**

PROFUNDIDADES (cm.)	MESES								
	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
MAXIMA	10.4	12.8	19.5	18.9	14.9	19.4	21.4	19.6	19.2
MEDIA	5.3	9.2	10.5	9.0	9.4	10.5	10.2	9.4	10.4
MÍNIMA	0.5	1.1	6.7	3.0	4.1	4.2	3.6	4.4	6.2

*FUENTE: Elaboración propia*

La variación mensual de las profundidades alcanzadas por la filtración de fugas y derrames de aceites residuales en el suelo, se muestra en el gráfico N° 07.

**Gráfico N° 07: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de aceites residuales.**



*FUENTE: Elaboración propia.*

En el gráfico N° 07, se observa que las profundidades máximas, tienden a subir y bajar, siendo los valores de 10.4 a 19.2 cm. Las profundidades medias se mantienen ligeramente parejas a partir del mes de diciembre en adelante, siendo el valor promedio entre 9.2 a 10.4 cm., y las profundidades mínimas tienen incremento significativo a partir del mes de enero a julio con valores de 0.5 a 6.7 cm.

➤ **Causas de fugas y derrames de aceites residuales en el suelo.**

Las causas de fugas y derrames de aceites residuales se detallan en el cuadro N° 20.

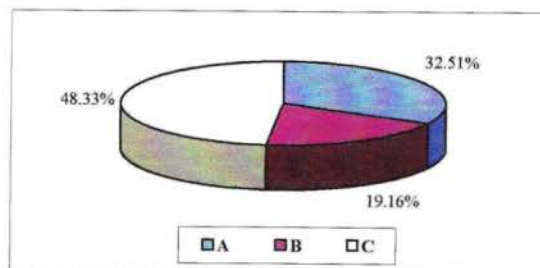
**Cuadro N° 20: Causas de fugas y derrames de aceites residuales.**

CAUSAS DE FUGAS Y DERRAMES DE ACEITES RESIDUALES		VOLUMEN (m³)	PORCENTAJE (%)
A	Inadecuada disposición de recipientes de almacenamiento (recipientes pequeños abandonados en lugares de tránsito, cilindros con aceite residual rebalsando y sin tapa).	18.9628	32.51
B	Desperfectos mecánicos de maquinaria pesada: ruptura de bomba y manguera hidráulica, empaque deteriorados del tanque de aceite, etc.	11.1787	19.16
C	Desperfectos de piezas mecánicas de los equipos estacionarios: calderos y generación eléctrica.	28.1916	48.33
<b>TOTAL</b>		<b>58.3331</b>	<b>100</b>

FUENTE: Elaboración propia

Las causas de fugas y derrames de aceites residuales en porcentaje se muestran en el gráfico N° 08.

**Gráfico N° 08: Causas de fugas y derrames de aceites residuales.**



FUENTE: Elaboración propia

Se observa que la causa C, atribuida a equipos estacionarios, fue la que mayor contaminó al suelo con 48.33%, seguida por la causa A, atribuida a la inadecuada disposición de recipientes con aceites residuales, con 32.51% y finalmente



la causa B, atribuida a desperfectos mecánicos de maquinaria pesada, con 19.16%.

**c) Distribución mensual del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames de bunker.**

La medición del volumen de suelo contaminado por bunker fue a partir de la segunda quincena del mes de diciembre; fecha en que empezó los trabajos de asfalto.

Se obtuvo un total de 82 reportes en los 9 meses de monitoreo, indicándose que la medición se realizó en los días de producción de asfalto (de 2 a 3 días por semana según la disposición del frente preparado para la colocación de la carpeta asfáltica). El volumen de suelo contaminado por derrames y fugas se muestra en el siguiente cuadro.

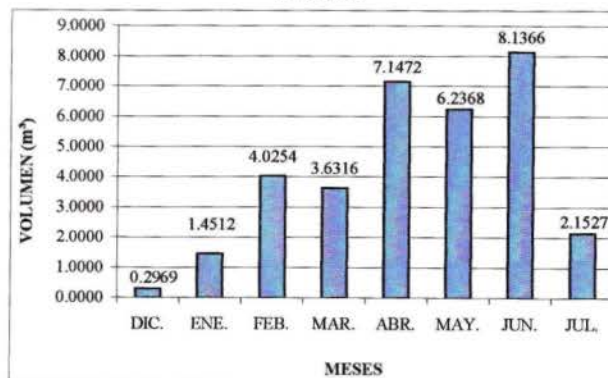
**Cuadro N° 21: volumen mensual de suelo contaminado por bunker**

SUELO CONTAMINADO (m³)							
DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
0.2969	1.4512	4.0254	3.6316	7.1472	6.2368	8.1366	2.1527

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual del volumen de suelo contaminado por bunker se aprecia en el gráfico N° 09.

**Gráfico N° 09: Variación mensual de suelo contaminado por bunker.**



FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico, se observa que el volumen de suelo contaminado por bunker tiende a incrementarse hasta el mes de junio, y luego disminuye notablemente en el mes de julio, mes en que se culminó la producción de asfalto. Los valores más altos se registran en los meses de abril a junio, meses en que se intensificaron los trabajos de producción de asfalto.

➤ **Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker en el suelo.**

Las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker por mes, se aprecian en el cuadro N° 22.

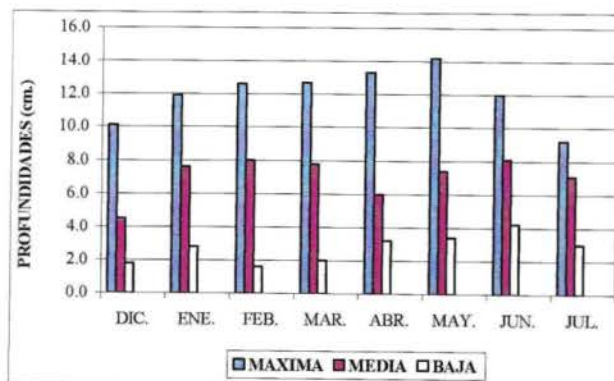
**Cuadro N° 22: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker.**

PROFUNDIDADES (cm.)	MESES							
	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
MAXIMA	10.1	11.9	12.6	12.7	13.3	14.2	12.0	9.2
MEDIA	4.5	7.6	8.0	7.8	6.0	7.0	8.1	7.1
MÍNIMA	1.8	2.8	1.6	2.0	3.2	3.4	4.2	3.0

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual de las profundidades alcanzadas por la filtración de fugas y derrames de bunker se muestra en el gráfico N° 10.

**Gráfico N° 10: Variación mensual de las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de bunker.**



FUENTE: Elaboración propia.

En el gráfico N° 10 se observa que las profundidades máximas no muestran aumento significativo hasta el mes de mayo y luego tienden a disminuir en los meses de junio y julio; los valores promedios son de 10.1 a 14.2 cm. Las profundidades medias son casi homogéneas a partir del mes de enero a julio, con una ligera disminución en el mes de abril; cuyos valores promedios son de 7.5 cm. a 8.1 cm. Las profundidades mínimas varían ligeramente, registrándose valores de 1.8 cm. a 4.2 cm.

➤ **Causas de fugas y derrames de bunker en el suelo.**

Las causas de fugas y derrames de bunker en el suelo, se muestran en el siguiente cuadro.

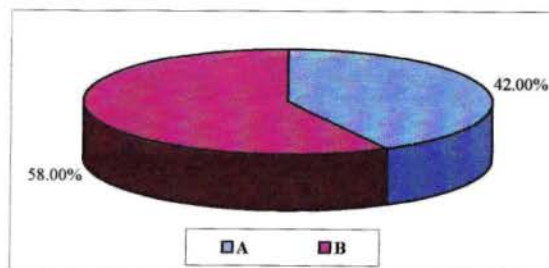
**Cuadro N° 23: Causas de fugas y derrames de bunker.**

CAUSAS DE FUGAS Y DERRAMES DE BUNKER		VOLUMEN (m³)	PORCENTAJE (%)
A	Tuberías de conducción y válvulas del tanque de almacenamiento deterioradas.	13.8654	42.0
B	Inadecuada disposición de los recipientes que almacenan el líquido producto de las fugas.	19.2130	58.0
TOTAL		33.0784	100

FUENTE: Elaboración propia

Las causas de fugas y derrames de bunker en porcentaje, se aprecian en el gráfico N° 11.

**Gráfico N° 11: Causas de fugas y derrames de bunker**



FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 11, se observa que la causa B, atribuida a inadecuada disposición de recipientes y la causa A, atribuida a tuberías de conducción y válvulas del tanque de almacenamiento deterioradas, contaminaron el suelo significativamente, con 58% y 42% respectivamente.

**d) Distribución mensual del volumen de suelo contaminado por fugas y derrames de asfalto líquido (RC-250).**

Se obtuvo un total de 97 reportes en los 9 meses de monitoreo de derrames y fugas de asfalto líquido, cuyos volúmenes mensuales se indican en el cuadro N° 24.

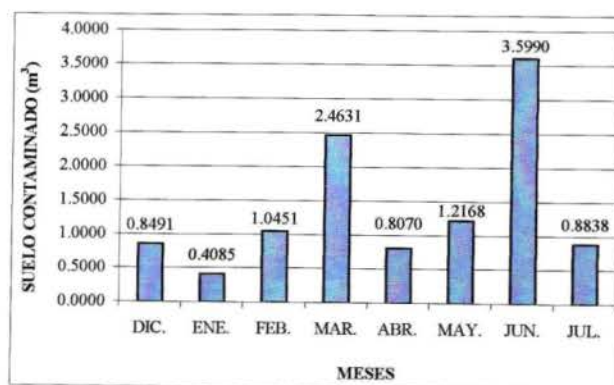
**Cuadro N° 24: Volumen mensual de suelo contaminado por asfalto líquido (RC -250).**

SUELO CONTAMINADO (m <sup>3</sup> )							
DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
0.8491	0.4085	1.0451	2.4631	0.8070	1.2168	3.5990	0.8838

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual del volumen de suelo contaminado, se aprecia en el gráfico N° 12.

**Gráfico N° 12: Variación mensual de suelo contaminado por asfalto líquido (RC-250)**



FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 12, se observa que hay mucha variación mensual, notándose claramente que los valores más altos corresponden a los meses de marzo y junio con 2.4631 y 3.5990

m<sup>3</sup>. En el mes de julio, se observa una notable disminución del volumen del suelo contaminado; mes en que cesaron los trabajos.

➤ **Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de asfalto líquido en el suelo.**

Las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de asfalto líquido por mes, se aprecian en el cuadro N° 25.

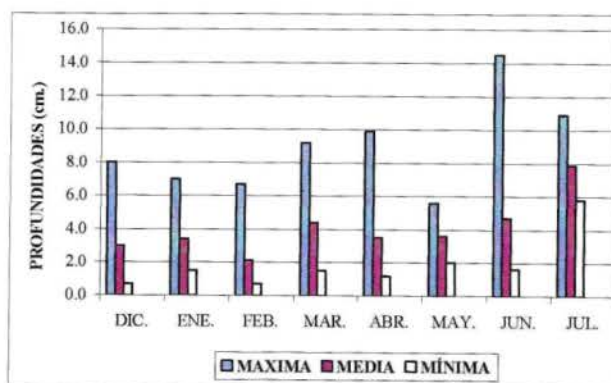
**Cuadro N° 25: Profundidades alcanzadas por fugas y derrames de asfalto líquido (RC-250)**

PROFUNDIDADES (cm.)	MESES							
	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
MAXIMA	8.0	7.0	6.7	9.2	9.9	5.6	14.5	10.9
MEDIA	3.0	3.4	2.1	4.4	3.5	3.6	4.7	7.9
MINIMA	0.7	1.5	0.7	1.5	1.2	2.0	1.6	5.8

FUENTE: Elaboración propia

La variación mensual de las profundidades alcanzadas por fugas y derrames de asfalto líquido se aprecia en el gráfico N° 13.

**Gráfico N° 13: Variación mensual de las profundidades alcanzadas fugas y derrames de asfalto líquido.**



FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 13, se observa que los valores de las profundidades máximas, medias y mínimas varían de diciembre a julio con tendencia subir y bajar. Los valores



para profundidades máximas son de 6.7 a 14.5 cm., de 2.1 a 7.9 cm. para las profundidades medias y 0.7 a 5.8 cm. para las profundidades mínimas.

➤ **Causas de fugas y derrames de asfalto líquido (RC -250) en el suelo.**

Las causas de fugas y derrames de asfalto líquido (sobre el suelo, se muestran en el cuadro N° 26.

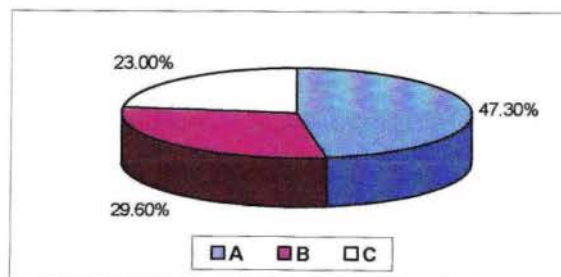
**Cuadro N° 26: Causas de fugas y derrames de asfalto líquido**

CAUSAS DE FUGAS Y DERRAMES DE ASFALTO LÍQUIDO (RC-250)		VOLUMEN (m³)	PORCENTAJE (%)
A	Desperfectos mecánicos de la cisterna de imprimación durante el parqueo (boquillas de dispersión deterioradas).	5.3346	47.3
B	Cilindros que contienen el líquido asfáltico deteriorados (en horas de elevada temperatura ambiente y de intenso sol, fluye al líquido con mayor rapidez).	3.3422	29.6
C	Durante el trasegado del líquido de los cilindros a la cisterna y a otros recipientes para los trabajos de ligadura de la carpeta asfáltica.	2.5956	23.0
TOTAL		11.2724	100

FUENTE: Elaboración propia

Las causas de fugas y derrames de asfalto líquido en porcentaje, se aprecian en el gráfico N° 14.

**Gráfico N° 14: Causas fugas y derrames de asfalto líquido.**



FUENTE: Elaboración propia.

Se observa en el gráfico N° 14 que la causa A, atribuida a desperfectos mecánicos de la cisterna de imprimación, fue la que mayor contaminó el suelo con 47.30%, seguida por la causa B, atribuida a cilindros deteriorados con 29.60% y finalmente por la causa C, atribuida al trasegado del líquido asfáltico con 23.0%.

#### 4.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS CON LOS VALORES PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES EN EL SUELO.

Para la realización de comparación de resultados químicos y los límites máximos permisibles de referencia, se hizo en base al tipo de producto contaminante identificado en los puntos de monitoreo, teniendo en cuenta la clasificación de la NOM-138 - SEMANART – 2003 (ver cuadro N° 07 y 08 de la metodología).

La clasificación del producto contaminante en función a la fracción de hidrocarburos se muestra en el cuadro N° 27.

**Cuadro N° 27: Clasificación de los productos contaminantes en función a la fracción de hidrocarburos**

PUNTOS DE MONITOREO	CLASIFICACIÓN DEL PRODUCTO CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS (mg./Kg. de suelo)				
		NOV.	FEB.	MAY.	JUN	AGO.
Taller y patio de máquinas	Fracción pesada	0	0	23573	5580	4225
Planta de asfalto	Fracción pesada	0	0	6721	777	970
Zona de combustible	Fracción media	0	0		23.7	112
Grupo electrógeno (Asfaltó)	Fracción pesada				1647	

FUENTE: Elaboración propia.

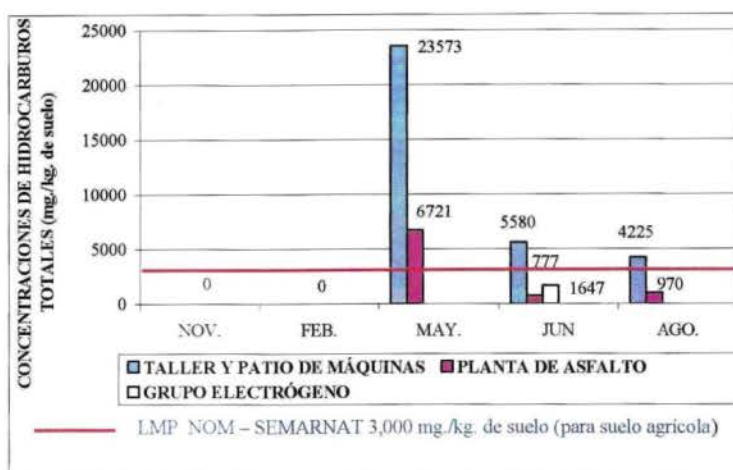
En el cuadro N° 27 se aprecia que en los puntos de monitoreo del taller - patio de maquinaria, planta de asfalto y grupo electrógeno, los productos contaminantes corresponden a hidrocarburos de fracción pesada.

Los valores obtenidos de la concentración de hidrocarburos totales en el suelo, se comparan con los límites máximos permisibles de referencia establecidos para los suelos de uso agrícola y forestal, teniendo en cuenta que el área ocupada por las

instalaciones de las plantas industriales es temporal y está rodeado de bosques de tipo secundario.

La comparación de resultados y límites máximos permisibles de referencia se aprecia en el gráfico N° 15.

**Gráfico N° 15: Concentraciones de hidrocarburos de fracción pesada en los puntos de monitoreo vs. límites máximos permisibles.**



**FUENTE:** *Elaboración propia*

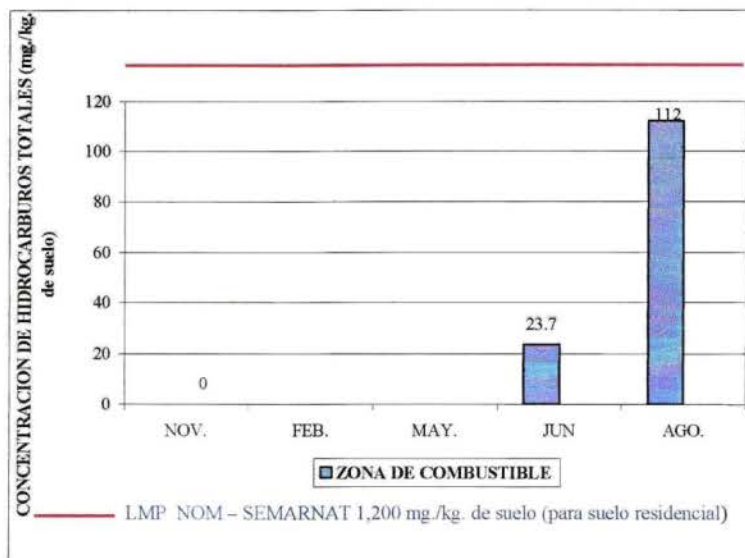
En el gráfico N° 15 se observa que los puntos de monitoreo del taller - patio de maquinaria y planta de asfalto, en los cuales se determinó que los productos vertidos en el suelo corresponden a hidrocarburos de fracción pesada, los valores obtenidos en el mes de mayo, fecha en que se tomó las muestras a una profundidad de 15 cm. están muy por encima de los límites máximos permisibles, 3000 mg./Kg. de suelo. Se indica que dichas muestras fueron tomadas como referencia, para determinar hasta que profundidad penetran los derrames y fugas de hidrocarburos, al no registrarse resultados positivos en el mes de febrero a una profundidad de 30 cm. pese a que se evidenciaba claramente el vertido de los productos contaminantes en el suelo.

En el cuarto y quinto monitoreo correspondientes a los meses de junio y agosto cuando se había avanzado entre un 80 y 95% respectivamente de ejecución de obra, los resultados obtenidos en el punto de monitoreo del taller - patio de maquinaria sobrepasan los límites máximos permisibles a una profundidad de 20 cm.

En el punto de monitoreo de la planta de asfalto y la muestra obtenida de la zona del grupo electrógeno (muestra de referencia), en donde se evidenció fugas y derrames permanentes de aceites y combustibles, los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos permisibles.

Para el punto de monitoreo de la zona de combustible se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico N° 16: Concentración de hidrocarburos de fracción media en los puntos de monitoreo vs. límites máximos permisibles.**



**FUENTE:** *Elaboración propia*

En el gráfico N° 16 se observa que los valores obtenidos de la concentración de hidrocarburos totales en el suelo de la zona de combustible, en donde se determinó que el producto contaminante corresponde a hidrocarburos de fracción media, para los dos primeros monitoreos no registraron valores, y para los meses de junio y agosto, los valores obtenidos están muy por debajo de los límites máximos permisibles que son de 1200 mg./Kg. de suelo, para suelos de uso residencial, clasificación que se le atribuyó al suelo de la zona de combustible por encontrarse ubicado dentro de la zona urbana de Nauta.



#### **4.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES DEL Km. 2+400.**

Con la interacción de las actividades de las sub etapas de construcción de la carretera, y los componentes ambientales, se identificaron los impactos claves que ocasionan las fugas y derrames de hidrocarburos (aceites residuales, combustibles y asfalto líquido) con los demás factores ambientales. Luego se determinó mediante la evaluación los impactos principales y secundarios.

##### **4.4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA IQUITOS - NAUTA.**

Las principales actividades de la etapa de construcción de carretera, se dividen en sub etapas, la identificación se basa en función a la demanda del número de maquinaria y equipos utilizados por actividad, de las cuáles dependerá el consumo de hidrocarburos como combustibles y lubricantes para la maquinaria de: movimiento de tierras (tractores, motoniveladoras, cargadores frontales, excavadoras y retroexcavadoras, etc.), transportes de materiales de agregados y eliminación de material excedente de cortes (flota de volquetes), conformación de la vía en sus diferentes sub-etapas (rodillos de compactación y motoniveladoras), trabajos de sellado de la vía: imprimación y colocación de la carpeta asfáltica (utilización de grandes volúmenes de asfalto líquido, bunker y diesel 2 para la producción del asfalto, rodillos compactadores y volquetes), trabajos de obras de ingeniería para drenajes de cursos de agua (dispensadores de concreto y equipos de compactación, etc.). La generación de aceites residuales estará en función al mantenimiento periódico de la maquinaria y equipos, a más horas trabajadas más rápido será los cambios de lubricantes.

Las actividades por sub etapas de construcción de la carretera se resumen en el cuadro N° 28.



**Cuadro N° 28: Principales actividades en las sub etapas de construcción de la carretera Iquitos - Nauta, tramo IV.**

SUB ETAPAS	ACTIVIDADES
<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	Movilización de equipos a obra.
	Trazo y replanteo topográfico.
	Construcción de campamentos.
	Mantenimiento de tránsito.
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	Desbroce y limpieza.
	Remoción de base negra.
	Acondicionamiento de canteras.
	Conformación de terraplenes.
	Eliminación de material excedente de cortes.
	Conformación y compactación de subrasante.
	Remoción de derrumbes
<b>OBRAS DE ARTE</b>	Excavación para estructuras.
	Encofrado y desencofrado
	Colocación de estructuras de refuerzo (fierro).
	Relleno con material de préstamo.
	Colocación de alcantarillas
	Construcción de cunetas y sub drenes.
	Construcción de buzones para sub drenes.
	Conformación de taludes de quebradas y alcantarillas.
<b>PAVIMENTOS</b>	Transportes de material de agregados.
	Acopio de asfalto líquido (RC -250) en el campamento Km.2+400.
	Colocación de la capa anticontaminante (capa de 15 cm. de arena).
	Colocación de la sub base (capa de 15 cm. mezcla de material arenoso).
	Colocación de refuerzo estructural (Geomalla).
	Colocación de base granular (piedra triturada y finos).
	Trasegado de asfalto sólido PEN 40/50 a la planta de asfalto y calentamiento de la planta para la producción de asfalto.
	Imprimación (aplicación de asfalto líquido sobre la base granular).
	Colocación de la carpeta asfáltica (colocación de mezcla asfáltica fabricada en caliente sobre el tramo ya imprimado).
<b>OBRAS FINALES</b>	Construcción de entregas de obras de arte con trabajos de bioingeniería.
	Construcción de berma cuneta con trabajos de geotextil y revegetalización.
	Construcción de puentes vehiculares y pases peatonales.
	Colocación de señalización permanente.

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.4.2 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS POR FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS.

Dentro de los componentes de los factores ambientales, están los factores bióticos y abióticos, que son afectados por las fugas y derrames de hidrocarburos.

La complejidad del entorno y su carácter de sistema, se subdivide en cuatro niveles, como subsistemas, medios, factores y sub factores, como se muestra en el cuadro N° 29.

**Cuadro N° 29: Factores ambientales afectados por fugas y derrames de hidrocarburos.**

SUB SISTEMAS	FACTORES AMBIENTALES
MEDIO ABIÓTICO	<b>SUELO:</b> - Composición Química. - Estructura física. - Pérdida de nutrientes. - Microorganismos.
	<b>AGUA:</b> - Alteración composición físico química. - Turbidez. - Disminución de Oxígeno. - Muerte el plancton.
	<b>AIRE :</b> - Composición.
MEDIO BIÓTICO	<b>VEGETACIÓN :</b> - Herbáceas. - Arbustos.
	<b>FAUNA :</b> - Microfauna.
MEDIO PERCEPTUAL	<b>ESTÉTICA DE INTERES:</b> - paisajes
MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	<b>GESTIÓN:</b> - Nivel de organización. - Conflicto social.
	<b>NIVEL DE VIDA:</b> - Salud
MEDIO ECOLÓGICO	<b>SISTEMAS:</b> - Hábitat - Ecosistema.

FUENTE: Elaboración propia

MATRIZ N° 01				Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y INDUSTRIALES, Km. 2+400															
					EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONST															
					SUB ETAPA I				SUB ETAPA II								SUB			
					OBRAS PRELIMINARES				MOVIMIENTO DE TIERRAS								OBR			
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO)					Movilización de equipos a la obra	Trazo y replanteo	Construcción de campamentos	Mantenimiento de tránsito	Desbroce y limpieza	Remoción de base negra	Acondicionamiento de áreas de préstamo	Conformación de terraplenes	Eliminación de material excedente de cortes	Conformación y compactación de subrasante	Remoción de derrumbes	Excavación para estructuras	Encofrado y desencofrado	Colocación de estructuras de refuerzo (hierro)		
IDENTIFICACIÓN DE 354 INCIDENCIAS SOBRE 544 UNIDADES DE IMPACTO																				
Oferta Ambiental				*																
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	Composición Química			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			Estructura física			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			Pérdida de nutrientes			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			Morfología																	
		AGUA	Composición química				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
			Turbidez				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
			Propiedades organolépticas				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
		AIRE	Composición				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	Herbáceas				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
		FAUNA	Mesofauna				1		1		1	1	1	1	1	1				
			Microfauna			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
			Plancton				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	Paisajes			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	SOCIO ECONOMICO	GESTIÓN	Conflicto social						1		1	1	1	1	1					
		NIVEL DE VIDA	Salud					1	1		1	1	1	1	1					
	ECOLÓGICO	SISTEMAS	Hábitat						1		1	1	1	1	1					
			Ecosistema						1		1	1	1	1	1					
EFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL				PARCIAL	0	0	5	11	12	16	11	16	16	16	16	11	3	8	1	
				SUB TOTAL	16				103											
				TOTAL																

FUENTE: Elaboración propia.

AN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS LALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.

## ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS

[illegible]



MATRIZ N° 02			EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HUI 2+400 - CARRETERA IQUI																
			EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN																
			SUB ETAPA I				SUB ETAPA II							SUB ETAPA III					
VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO			OBRAS PRELIMINARES				MOVIMIENTO DE TIERRAS							OBRAS DE ART					
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO)																			
DENTIFICACIÓN DE 354 INCIDENCIAS SOBRE 544																			
Oferta Ambiental																			

LENTE: Elaboración propia

O : Muy Optimo      OB : Optimo Bajo      IM : Irregular Medio  
 A : Optimo Alto      R : Regular      IB : Irregular Bajo  
 M : Optimo Medio      IA : Irregular Alto      MI : Muy Irregular



5 FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.																							
SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS																							
SUB ETAPA III										SUB ETAPA IV								SUB ETAPA V					
OBRAS DE ARTE										PAVIMENTOS								TRABAJOS FINALES					
Remoción de derrumbes										Remoción de derrumbes								Remoción de derrumbes					
IM	IA	R	R	IM	IA	IM	IA	IM	MI	MI	IB	MI	IA	MI	MI	MI	MI	R	IA	IM	IA	IM	
IM	IA	R	R	IM	IA	IM	IA	IM	MI	MI	IB	MI	IA	MI	MI	MI	MI	R	IA	IM	IA	IM	
IM	IA	R	R	IM	IA	IM	IA	IM	MI	MI	IB	MI	IA	MI	MI	MI	MI	R	IA	IM	IA	IM	
IA	IA		R	IM	IA	IA		IA	IB	IB	IM	IB		IB	IB	IB	IB			IA	R	IM	
R	R		R	R	R	R		IA	IB	IM	IA	IM		IM	IB	IM	IB			R		IA	
IM	IA		R	IA	R	IA		IA	IB	IM	IM	IB		IB	IB	IB	IB			IA	R	IM	
R			R	R	R	R		R	R		R	R		R	R	R	IA				R	R	
IA	IA		R	IA	R	IA		IA	IM	R	IM	IM		IM	IM	IB	IB			R	R	IA	
R	R			R		R		R	IA	IA	IA	IA		IA	IA	IM	IA				R		
IA	IA			IA	R	IA		IA	IM	IA	IM	IM		IB	IM	IM	IB			R	R	IA	
IA	IA			IA	R	R		R	IM	IA	IA	IM		IM	IM	IM	IB			R	R	IA	
IA	IA			IA	R	IA		IA	IM	IM	IM	IM		IM	IM	IB	IB			R	R	IA	
R			R		R			IA	IA		IA	IA		IM	IM	IB	IB					IA	
IA				IA		IA		IA	IM		IM	IM		IM	IM	IM	IB					IA	
R				R		IA		IA	IM		IA	IA		IM	IM	IB	IB					IA	
IA				R		IA		IA	IA		IA	IA		IA	IA	IM	IM					IA	
IA	IA	R	R	IA	R	IA	IA	IA	IM	IM	IM	IM	IA	IM	IM	IB	IB	R	IA	IA	R		
IA										IM								IA					IA
IA																							IA
VULNERABILIDAD DE FACTORES AMBIENTALES																							
PARCIAL																							
SUB-TOTAL																							
TOTAL																							

MATRIZ N° 03			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBONOS EN LOS SISTEMAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE IQUITOS														
				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN														
VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO				SUB ETAPA I				SUB ETAPA II						SUB ETAPA III				
				OBRAS PRELIMINARES				MOVIMIENTO DE TIERRAS						OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN				
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO)				Movilización de equipos a la obra	Trazo y replanteo	Construcción de campeonatos	Mantenimiento de tránsito	Desbroce y limpieza	Remoción de base negra	Acordamentamiento de áreas de préstamo	Conformación de terraplenes	Eliminación de material excedente de cortes	Conformación y compactación de subrasante	Remoción de derrumbes	Excavación para estructuras	Encofrado y desencofrado	Colocación de estructuras de refuerzo (ferrón)	Relleno con material de préstamo
IDENTIFICACIÓN DE 354 INCIDENCIAS SOBRE 544 UNIDADES DE IMPACTO																		
Oferta Ambiental																		
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	Composición Química			0.375	0.125	0.25	0.25	0.25	0.125	0.125	0.125	0.25	0.375	0.5	0.5	0.250
			Estructura física			0.375	0.125	0.25	0.25	0.25	0.125	0.125	0.125	0.25	0.375	0.5	0.5	0.25
			Pérdida de nutrientes			0.375	0.25	0.375	0.25	0.375	0.125	0.125	0.125	0.25	0.375	0.5	0.5	0.25
			Morfología															
	AGUA		Composición química				0.25	0.375	0.25	0.375	0.25	0.25	0.125	0.375	0.375		0.5	0.25
			Turbidez				0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.5	0.5		0.5	0.5
			Propiedades organolépticas				0.25	0.375	0.25	0.375	0.25	0.25	0.25	0.25	0.375		0.5	0.375
	AIRE	Composición					0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			0.5	0.5
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	Herbáceas				0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.25	0.25	0.375	0.375		0.5	0.375
			Mesofauna				0.5		0.5		0.5	0.375	0.5	0.5	0.5			0.5
		FAUNA	Microfauna				0.375	0.375	0.5	0.5	0.375	0.375	0.375	0.25	0.375	0.375		0.375
			Plancton				0.375	0.5	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375			0.375
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	Paisajes				0.5		0.5	0.25	0.375	0.25	0.375	0.25	0.375	0.375		0.375
	SOCIO ECONÓMICO	GESTIÓN	Conflicto social						0.5		0.25	0.375	0.375	0.5				0.5
		NIVEL DE VIDA	Salud					0.5	0.375		0.375	0.375	0.375	0.375				0.375
	ECOLÓGICO	SISTEMAS	Habitat					0.5		0.375	0.375	0.375	0.375	0.5				0.5
			Ecosistema					0.375		0.375	0.375	0.375	0.375				0.5	
EFFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL		PARCIAL			0.400	0.318	0.406	0.359	0.364	0.313	0.313	0.297	0.383	0.398	0.500	0.500	0.391	
		SUB TOTAL	0.344				0.345								0.41			
		TOTAL																

FUENTE: Elaboración propia.



6	→	NÚMERO DE INCIDENCIAS
16	→	NÚMERO TOTAL DE UIA

MATRIZ N° 04			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					VULNERABILIDAD
VULNERABILIDAD DE LOS FACTORES AMBIENTALES				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS					
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V	
Oferta ambiental				OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE	PAVIMENTOS	TRABAJOS FINALES	
			(4)*	(7 )*	(8)*	(9)*	(4)*		
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	(4)*	6	21	24	27	12	90
				16	28	32	36	16	128
		AGUA	(3)*	3	21	18	24	5	71
				12	21	24	27	12	96
		AIRE	(1)*	1	7	5	7	0	20
				4	7	8	9	4	32
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	(1)*	1	7	6	8	2	24
				4	7	8	9	4	32
		FAUNA	(3)*	4	19	14	24	4	65
				12	21	24	27	12	96
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	(1)*	1	7	5	8	2	23
				4	7	8	9	4	32
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN	(1)*	0	5	3	7	0	15
				4	7	8	9	4	32
NIVEL DE VIDA		(1)*	0	6	3	7	0	16	
			4	7	8	9	4	32	
ECOLÓGICOS	SISTEMAS	(2)*	0	10	6	14	0	30	
			8	14	16	18	8	64	
EFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL		SUB TOTAL		16	103	84	126	25	354
			68	119	136	153	68		391
		TOTAL				354			
						391			

FUENTE: Elaboración propia.



MATRIZ N° 05			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR COMPONENTE
ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS					
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V	
				OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE	PAVIMENTOS	TRABAJOS FINALES	
Oferta ambiental				(4)*	(7)*	(8)*	(9)*	(4)*	
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO (4)*	0.375	0.750	0.750	0.750	0.750	0.703	
		AGUA (3)*	0.250	1.000	0.750	0.889	0.417	0.740	
		AIRE (1)*	0.250	1.000	0.625	0.778		0.625	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN (1)*	0.250	1.000	0.750	0.889	0.500	0.750	
		FAUNA (3)*	0.333	0.905	0.583	0.889	0.333	0.677	
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS (1)*	0.250	1.000	0.625	0.889	0.500	0.719	
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN (1)*		0.714	0.375	0.778		0.469	
		NIVEL DE VIDA (1)*		0.857	0.375	0.778		0.500	
	ECOLÓGICO	SISTEMAS (2)*		0.714	0.375	0.778		0.469	
ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL		SUB TOTAL	0.235	0.866	0.618	0.824	0.368	0.905	
		TOTAL	0.905						

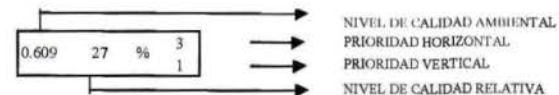


MATRIZ N° 06			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					NIVEL ESCALAR ÓPTIMO POR COMPONENTE
NIVELES ESCALARES ÓPTIMOS DE CALIDAD AMBIENTAL				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS					
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V	
Oferta ambiental				OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE	PAVIMENTOS	TRABAJOS FINALES	
			(4)*	(7)*	(8)*	(9)*	(4)*		
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO (4)*	2.250	15.750	18.000	20.250	9.000	65.25	
		AGUA (3)*	0.750	21.000	13.500	21.333	2.083	58.67	
		AIRE (1)*	0.250	7.000	3.125	5.444		15.82	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN (1)*	0.250	7.000	4.500	7.111	1.000	19.86	
		FAUNA (3)*	1.333	17.190	8.167	21.333	1.333	49.36	
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS (1)*	0.250	7.000	3.125	7.111	1.000	18.49	
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN (1)*		3.571	1.125	5.444		10.14	
		NIVEL DE VIDA (1)*		5.143	1.125	5.444		11.71	
	ECOLÓGICO	SISTEMAS (2)*		7.143	2.250	10.889		20.28	
NIVELES ESCALARES ÓPTIMOS DE CALIDAD AMBIENTAL		SUB TOTAL	5.083	90.797	54.917	104.361	14.417	269.575	
		TOTAL	269.575						

FUENTE: Elaboración propia.

MATRIZ N° 07			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					VULNERABILIDAD DE FACTORES AMBIENTALES	
NIVELES ESCALARES ÓPTIMOS DE CALIDAD AMBIENTAL VALORADO				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS						
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V		
Oferta ambiental				OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE	PAVIMENTOS	TRABAJOS FINALES	SUB TOTAL	TOTAL
			(4)*	(7)*	(8)*	(9)*	(4)*			
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	(4)*	1.625	4.375	9.375	1.500	4.500	21.375	119.625
		AGUA	(3)*	0.875	6.750	8.750	4.125	2.250	22.750	
		AIRE	(1)*	0.500	3.500	3.000	3.375		10.375	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	(1)*	0.375	2.375	2.875	2.000	1.000	8.625	
		FAUNA	(3)*	1.625	7.750	7.500	6.875	2.000	25.750	
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	(1)*	0.500	2.375	2.375	1.750	1.000	8.000	
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN	(1)*		2.000	1.875	1.875		5.750	
		NIVEL DE VIDA	(1)*		2.375	1.500	1.625		5.500	
	ECOLÓGICO	SISTEMAS	(2)*		4.000	3.375	4.125		11.500	
EFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL		SUB TOTAL		2.125	10.125	9.875	8.625	3.000	119.625	
		TOTAL		119.625						

FUENTE: Elaboración propia.



MATRIZ N° 08				Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.															ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	GRADO DE IMPORTANCIA POR COMPONENTE											
NIVEL DE CALIDAD AMBIENTAL					EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS																											
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)					SUB ETAPA I			SUB ETAPA II			SUB ETAPA III			SUB ETAPA IV			SUB ETAPA V															
Oferta Ambiental					OBRAS PRELIMINARES			MOVIMIENTO DE TIERRAS			OBRAS DE ARTE			PAVIMENTOS			TRABAJOS FINALES															
				(4)*			(7)*			(8)*			(9)*			(4)*																
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	(4)*	0.609	27	%	3	1	3.281	21	%	2	1	7.031	39	%	5	1	1.125	6	%	1	1	3.375	38	%	4	1	15.029	24	%	1
		AGUA	(3)*	0.219	29	%	2	2	6.750	32	%	3	2	6.563	49	%	5	3	3.667	17	%	1	2	0.938	45	%	4	2	16.826	32	%	2
		AIRE	(1)*	0.125	50	%	2	5	3.500	50	%	2	6	1.875	60	%	3	7	2.625	48	%	1	8					6.484	52	%	8	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	(1)*	0.094	38	%	3	3	2.375	34	%	2	3	2.156	48	%	4	2	1.778	25	%	1	3	0.500	50	%	5	3	6.469	36	%	5
		FAUNA	(3)*	0.542	41	%	2	4	7.012	41	%	2	5	4.375	54	%	4	5	6.111	29	%	1	5	0.667	50	%	3	3	17.435	40	%	7
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	(1)*	0.125	50	%	4	5	2.375	34	%	2	3	1.484	48	%	3	2	1.556	22	%	1	4	0.500	50	%	4	3	5.750	35	%	4
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN	(1)*						1.429	40	%	2	4	0.703	63	%	3	8	1.458	27	%	1	6					2.695	38	%	6	
		NIVEL DE VIDA	(1)*						2.036	40	%	2	4	0.563	50	%	3	4	1.264	23	%	1	5					2.750	34	%	3	
	ECOLÓGICO	SISTEMAS	(2)*						2.857	40	%	2	4	1.266	56	%	3	6	3.208	29	%	1	7					5.391	38	%	6	
	NIVEL DE CALIDAD AMBIENTAL		SUB TOTAL		0.50	13	%	4		8.76	10	%	2		6.10	12	%	3		7.10	7	%	1		1.10	12	%	3		108.305		34
TOTAL			108.305															34	%													

FUENTE: Elaboración propia.

MATRIZ N° 09			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					VULNERABILIDAD DE FACTORES AMBIENTALES	
VALORACIÓN ESCALAR CUANTITATIVA DE CALIDAD AMBIENTAL				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS						
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V		
Oferta ambiental				OBRAS PRELIMINARES (4)*	MOVIMIENTO DE TIERRAS (7 )*	OBRAS DE ARTE (8)*	PAVIMENTOS (9)*	TRABAJOS FINALES (4)*	SUB TOTAL	TOTAL
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO (4)*	0.271	0.208	0.359	0.056	0.375	0.229	0.321	
		AGUA (3)*	0.292	0.321	0.424	0.172	0.450	0.305		
		AIRE (1)*	0.500	0.500	0.500	0.482		0.494		
	BIÓTICO	VEGETACIÓN (1)*	0.375	0.339	0.417	0.250	0.500	0.344		
		FAUNA (3)*	0.406	0.408	0.446	0.286	0.500	0.377		
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS (1)*	0.500	0.339	0.400	0.219	0.500	0.332		
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN (1)*		0.400	0.458	0.268		0.350		
		NIVEL DE VIDA (1)*		0.396	0.375	0.232		0.320		
	ECOLÓGICO	SISTEMAS (2)*		0.400	0.417	0.295		0.354		
EFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL		SUB TOTAL	0.344	0.345	0.411	0.216	0.430	0.321		
		TOTAL	0.321							

FUENTE: Elaboración propia.



MATRIZ N° 10			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.					VULNERABILIDAD DE FACTORES AMBIENTALES	
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS						
Oferta ambiental				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V		
				OBRAS PRELIMINARES (4)*	MOVIMIENTO DE TIERRAS (7 )*	OBRAS DE ARTE (8)*	PAVIMENTOS (9)*	TRABAJOS FINALES (4)*		
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	(4)*	IM	IM	IA	MI	IA	IM	IA
		AGUA	(3)*	IM	IA	IA	IB	R	IM	
		AIRE	(1)*	R	R	R	R		R	
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	(1)*	IA	IA	IA	IM	R	IA	
		FAUNA	(3)*	IA	IA	R	IM	R	IA	
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	(1)*	R	IA	IA	IM	R	IA	
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN	(1)*		IA	R	IM		IA	
		NIVEL DE VIDA	(1)*		IA	IA	IM		IA	
	ECOLÓGICO	SISTEMAS	(2)*		IA	IA	IM		IA	
EFECTIVIDAD DE ACCIONES PREVENTIVAS Y DE CONTROL		SUB TOTAL		IA	IA	IA	IA	IA	IA	
		TOTAL		IA						

FUENTE: Elaboración propia.



**Cuadro N° 30: Prioridad por factores ambientales**

FACTORES AMBIENTALES	PRIORIDAD	
SUELO	24 %	1
AGUA	32 %	2
NIVEL DE VIDA	34 %	3
ESTÉTICA DE INTERÉS	35 %	4
VEGETACIÓN	37 %	5
GESTIÓN	40 %	6
SISTEMAS	41 %	7
FAUNA	41 %	8
AIRE	54 %	9

**Cuadro N° 31: Prioridad por sub etapas.**

SUB ETAPAS	PRIORIDAD	
PAVIMENTOS	7 %	1
MOVIMIENTO DE TIERRAS	10 %	2
OBRAS DE ARTE	12 %	3
TRABAJOS FINALES	12 %	3
OBRAS PRELIMINARES	13 %	4



MATRIZ N° 11			Demanda Ambiental	EVALUACIÓN DE IMPACTOS QUE GENERAN LAS FUGAS Y DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL CAMPAMENTO DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES, Km. 2+400 - CARRETERA IQUITOS - NAUTA TRAMO IV.				
VALORACIÓN PROMEDIO PORCENTUAL				EVALUACIÓN POR SUB ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN A LA DEMANDA DE HIDROCARBUROS				
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (CAUSA - EFECTO) NÚMERO DE FUENTES SOBRE UNIDADES DE IMPACTOS (UIA)				SUB ETAPA I	SUB ETAPA II	SUB ETAPA III	SUB ETAPA IV	SUB ETAPA V
				OBRAS PRELIMINARES	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE	PAVIMENTOS	TRABAJOS FINALES
Oferta ambiental				(4)*	(7)*	(8)*	(9)*	(4)*
FACTORES AMBIENTALES	ABIÓTICO	SUELO	(4)*	RESULTADOS QUE SE OBTUVO DE LA MATRIZ N° 09				
		AGUA	(3)*	REGULAR ( R )	11	29 %		
		AIRE	(1)*	IRREGULAR ALTO (IA)	16	42 %	29	%
	BIÓTICO	VEGETACIÓN	(1)*	IRREGULAR MEDIO (IM)	9	24 %		
				IRREGULAR BAJO (IB)	1	2.6 %	71	%
				MUY IRREGULAR (MI)	1	2.6 %		
			Σ SUMATORIA	38	100.0 %			
		FAUNA	(3)*	Tenemos un 29 % regular (+ / -) y un 71 % en impactos negativos.				
	PERCEPTUAL	ESTÉTICA DE INTERÉS	(1)*					
	SOCIOECONÓMICOS Y CULTURAL	GESTIÓN	(1)*	La interrelación entre sub etapas y y factores ambientales da Irregular Alto (IA)				
NIVEL DE VIDA		(1)*	CONCLUSIÓN:					
ECOLÓGICOS	SISTEMAS	(2)*	Las fugas y derrames de hidrocarburos generados en las sub etapas de construcción de la carretera Iquitos- Nauta, ocasionanaron impactos negativos en los factores ambientales evaluados.					

FUENTE: Elaboración propia.

#### **4.5 IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS PARA RESTAURACIÓN DE LOS SUELOS AFECTADOS POR HIDROCARBUROS.**

De acuerdo a los resultados obtenidos tanto en la caracterización química y física de los suelos ocupados por las instalaciones de taller-patio de maquinaria, planta de asfalto, acopio de cilindros de asfalto líquido y grifo de combustible, así como de las condiciones climatológicas de la zona y la priorización de impactos evaluados en las etapas de construcción de carretera; se recomienda adoptar las medidas de restauración del suelo afectado por hidrocarburos, mediante tratamientos físicos y biológicos, para lo cual deberá incluirse en el Plan de Manejo Ambiental de la Obra, un programa específico para derrames y restauración de suelos contaminados por hidrocarburos, en el que deberá contemplarse las acciones inmediatas a realizar en caso de derrames y fugas de hidrocarburos y los tratamientos a seguir para la restauración del suelo afectado. A continuación se detallan los tratamientos de restauración a seguir:

##### **4.5.1 TRATAMIENTO FÍSICO.**

Este tratamiento se recomienda en base a los resultados obtenidos por diversas experiencias de investigación con resultados favorables en restauración de suelos contaminados por hidrocarburos.

##### **4.5.1.1 AIREACIÓN.**

El tratamiento es una adecuación de la propuesta por los autores para grandes volúmenes de suelo contaminado (técnica de ventilación mecánica), consistente en la remoción del material contaminado hacia plataformas de aireación, las mismas que deberán estar provistas sobre una capa de geomembrana de 0.75 cm. de espesor para evitar la lixiviación de los contaminantes a las aguas subterráneas y techadas utilizando como estructuras de soporte pilares de madera sin paredes, para evitar que el agua de lluvia discurra y contamine terrenos adyacentes. En ésta área se procederá a airear los suelos mediante su volteo sucesivo y escarificación para la cual deberá utilizarse herramientas manuales como rastrillos cuando el volumen es pequeño o mecánicos cuando el volumen es grande (mayor a 15 m<sup>3</sup>), de manera que permita que el contaminante

se volatilice. Luego, se mezclará con suelos no contaminados para alcanzar una concentración de hidrocarburos menor a los límites máximos permisibles de referencia; esta condición se determinará mediante laboratorio (EPA, 2001).

#### **Análisis de la técnica para su aplicación.**

Este tratamiento, se considera ventajoso por lo siguiente:

- La empresa cuenta con el equipo necesario para la ventilación o escarificación del suelo, como: motoniveladora, maquina multiusos, etc.
- Para la adición de suelo sin contaminar puede utilizar el material excedente de cortes de terreno de la vía en construcción.
- El material tratado puede ser eliminado en los botaderos para excedentes de cortes, los mismos que fueron determinados en el estudio de impacto ambiental y que son estipulados en las especificaciones técnicas del proyecto.

#### **4.5.1.2 ESTABILIZACIÓN.**

Es una técnica aplicable al suelo arenoso contaminado con hidrocarburos, consistente en mezclar el suelo contaminado con una sustancia inorgánica como la cal (óxido de calcio); esto limita la movilidad del contaminante disminuyendo su toxicidad o eliminando su lixiviación. La estabilización o también conocida como solidificación, es un proceso que asegura mecánicamente al contaminante dentro de una matriz sólida de alta integridad estructural (Boronat, 2001). El material estabilizado puede ser eliminado bajo condiciones menos estrictas que la arena contaminada no estabilizada, pudiendo usarse para mejoramiento de tierras en caminos. Dicho tratamiento puede ser efectuado usando una planta de mezclado; lo cual ofrece mejor control de calidad y menos área de terreno a ocupar. Para cantidades pequeñas podría realizarse un proceso secuencial usando mezcladoras de concreto Standard, sin embargo, puede dar lugar a la generación de polvo, por lo que se recomienda que el personal que opera dichos equipos use

ropa protectora y máscaras faciales para proteger la piel, los pulmones y sus ojos. La cantidad del material ligante estará en función al porcentaje de agua que tenga el suelo contaminado, así como al volumen de éste. (Volke & Velasco, 2002).

#### **Análisis de la técnica de tratamiento para su aplicación.**

- Es una técnica de tratamiento a corto plazo, pudiéndose realizar mensual si se tiene un volumen considerable de suelo contaminado (mayor a 15 m<sup>3</sup>.).
- El material estabilizado se podría utilizar como material de relleno en los trabajos de conformación de terraplenes de la vía en construcción o en los accesos vehiculares.
- En este tipo de obras, se cuenta con los requerimientos necesarios para su ejecución, como planta mezcladora de suelo y mezcladores de concreto Standard.
- Es de bajo costo, lo cual, podría ser fácilmente asimilado por la empresa cuando no se han considerado la partida de protección ambiental en el proyecto.

Dicho tratamiento se considera debido a que en la obra se colocó capas de arena fina sobre el suelo de las plantas industriales.

#### **4.5.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO.**

Se ha considerado teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las experiencias de diversos trabajos de investigación en restauración de suelos contaminados por hidrocarburos, y de las condiciones ambientales (temperatura y humedad) idóneas para la viabilidad del tratamiento, siendo la técnica de landfarming la que más se ajusta a la realidad del problema. Este tratamiento se utiliza en zonas donde la temperatura y la humedad natural permita el rápido desarrollo natural de los microorganismos que metabolizan los hidrocarburos (Ercoli, 1999).



#### 4.5.2.1 LANDFARMING

Esta técnica convencional de “landfarming”, se recomienda por ser simple, de bajo costo e internacionalmente reconocida y aceptada para tratar suelos contaminados con hidrocarburos.

Landfarming es una técnica considerada “ex situ”, común, eficiente y segura desde el punto de vista ecológico y de bajo costo, lo cual otorga su viabilidad (Aranda, 2003).

El tratamiento consiste en la reducción de las sustancias orgánicas por degradación biológica, mediante el laboreo agrícola del suelo contaminado, riego superficial, control periódico de humedad, con o sin agregado de fertilizantes y/o microorganismos, para lo cual el material a tratar deberá tener ciertas características como ausencia de piedras, fácilmente removible y poseer un adecuado contenido de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio (Plaza, 2001).

La técnica landfarming, básicamente consiste en la dispersión del material contaminado sobre un área de tratamiento debidamente protegida por una capa impermeable que lo separa del suelo, en dicha área se construyen parcelas de tratamiento con una profundidad no mayor a 0.30 m. para la eficiencia de eliminación de los contaminantes, la construcción de parcelas será de tal forma que permiten un drenaje adecuado. La biodegradación natural es posteriormente mejorada por laboreo del suelo, por lo general usando herramientas agrícolas como las rastras, que incrementan la aireación del suelo y uniformizan el desarrollo de microorganismos capaces de aprovechar los hidrocarburos como fuente de energía para sus procesos metabólicos. Para mantener una alta tasa de biodegradación de los hidrocarburos, se mantienen niveles adecuados de humedad y nutrientes necesarios para los microorganismos, mediante riego y fertilizaciones controladas, de acuerdo a las necesidades detectadas en los diferentes análisis de laboratorio (EPA, 2001). Con el mismo propósito anterior, algunos autores recomiendan controlar la temperatura del suelo cubriendo las

parcelas de tratamiento con plástico para evitar el enfriamiento nocturno del suelo, además de servir como protector de las lluvias y mantener la humedad del suelo. Sin embargo, para la presente investigación se recomienda que el tratamiento se realice en área techada y protegido el suelo con geomembrana, con un sistema de drenaje por separado para lixiviados del material contaminado y de las aguas pluviales, ya que en la zona, las lluvias son permanentes y torrenciales.

El laboreo del tratamiento será periódico hasta bajar las concentraciones de hidrocarburos totales (TPH) a niveles aceptables en concordancia con los límites permisibles, determinado en laboratorio (Gálvez & Muller, 2001).

Para la eficiencia del tratamiento a través de la técnica de landfarming, se recomienda elaborar un plan de tratamiento, en el cual se deberá establecer la caracterización del terreno a ocupar y procedimientos a seguir.

## V. DISCUSIONES.

- 5.1 En la provincia de Loreto, la región geográfica predominante es la región Omagua o Selva Baja, caracterizada por presentar clima húmedo y caluroso con temperaturas elevadas y precipitaciones pluviales superiores a 2000 mm./año, siendo éstos los principales procesos que controlan la meteorización en la zona (Iparraguirre, 1998). En la presente investigación, los resultados obtenidos de la precipitación registran un total de 1974 mm. (SENHAMI) en los 9 meses, valor muy próximo a los 2000 mm. La temperatura media mensual fue de 25.8 a 27.0° C, y el porcentaje de la humedad relativa es 87 a 90%.

El tramo de la carretera Nauta - Iquitos (15 Km. de Nauta hacia Iquitos), presenta una geomorfología de llanura amazónica, que comprende una planicie cubierta de vegetación tropical, ubicada entre los 80 a 280 m.s.n.m., emplazándose el trazo de la carretera en estudio en la sub unidad colinas bajas con formaciones rocosas pertenecientes a la Formación Nauta (Q – n); que es una secuencia de arenitas limosas de color pardo amarillento, arcillitas gris oscuras a anaranjado claro, limonitas abigarradas laminadas (Rebatta, 2000).

En la presente investigación, las características geomorfológicas de la zona de las plantas industriales, corresponden a la unidad de formación de colinas bajas con una altura de 119.5 m.s.n.m. y el suelo del terreno de fundación, es del tipo arcilloso.

- 5.2 En suelos arcillosos los hidrocarburos no penetran con facilidad, penetrando en poca cantidad y a poca profundidad (Armas, 2001). En la presente investigación se caracterizó a los suelos originales en las zona del taller-patio maquinaria y planta de asfalto, como suelos de tipo arcilloso, los mismos que mantuvieron un gran porcentaje de arcilla en el segundo monitoreo pese a que hubo una ligera modificación en su clase textural (arena arcillosa limosa) para la zona del taller-patio maquinaria, mientras que para planta de asfalto no se produjo cambio alguno en la textura; no se registró concentraciones de hidrocarburos totales en el suelo en el mes de febrero a una profundidad de 30 cm. cuando se había avanzado aproximadamente con el 50% de ejecución de obra.

- 5.3 En el tercer monitoreo en los puntos de la planta de asfalto y taller - patio de maquinaria, se registró concentraciones significativas de hidrocarburos a una profundidad de 15 cm. La penetración de los hidrocarburos dependen de la cantidad de volumen y el tipo de hidrocarburos derramado (Armas, 2001), esto explicaría que, en suelos de la misma textura a una mayor profundidad no registran concentraciones de hidrocarburos, y que el punto de monitoreo del taller-patio de maquinaria registre mayor concentración de hidrocarburos en donde el producto contaminante fue aceite residual, el cual es menos denso y viscoso que el bunker (0.96 - 0.99 gr./cc.) que registró menor concentración siendo extraída de la misma zona de derrame de bunker (1-B) en donde los vertimientos fueron permanentes.
- 5.4 En el trabajo de investigación realizado por Martínez & López, en el 2001, sobre, “efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso”, determinaron que a partir de concentraciones 30000, 50000 y 150000 mg./Kg. de suelo, en presencia de diesel 2, gasolina y combustóleo; las propiedades físicas del suelo varían significativamente en: la textura (disminución de arcillas a incrementos de arenas), el contenido de materia orgánica aumenta, la porosidad disminuye (ocupación de los espacios por hidrocarburos, especialmente por el combustóleo) y la densidad natural tiende a disminuir. En la presente investigación se registró ligeros cambios en la clase de textura del suelo en el punto de monitoreo del taller-patio de maquinaria y planta de asfalto, de arcilla a arena arcillosa limosa; sin embargo, no se le atribuye a la presencia de hidrocarburos, ya que las concentraciones encontradas fueron de 6721, 777 y 970 mg./Kg. de suelo para la planta de asfalto y 23573, 5580 y 4225 para el taller-patio de máquinas; valores que están por debajo de las concentraciones que generan variación significativa en la textura del suelo. Asimismo, los parámetros del contenido de materia orgánica tiende a disminuir y la densidad natural aumenta. Por lo tanto, la variación de la textura del suelo se le atribuye básicamente a que la empresa colocó capas de arena fina en la zona para facilitar el tránsito pesado debido a que el material arcilloso retiene la humedad haciéndolo intransitable durante la presencia de lluvias.



- 5.5 El suelo contaminado por hidrocarburos modifica sus propiedades físicas provocando la aglutinación de las partículas del suelo, generando estructuras más gruesas que cubren la superficie de las mismas partículas y el espacio poroso, afectando la aireación del suelo, aumento del contenido de materia orgánica considerablemente, así como la acidificación y la saturación de bases (Pérez & García, 2002). En la investigación realizada no se puede atribuir los cambios producidos debido que las concentraciones detectadas estuvieron por debajo de las concentraciones comprobadas en laboratorio responsables de tal modificación, 150000 mg./Kg. para la textura del suelo y a partir de 30000 mg./Kg. para el contenido de materia orgánica, (Martínez & López, 2001).
- 5.6 En la identificación de impactos (matriz N° 01) que ocasionan las fugas y derrames de hidrocarburos, en el campamento de las plantas industriales del Km. 2+400; el mayor número de incidencias corresponde a la sub etapa de pavimentos, seguido de la sub etapa de movimiento de tierras y obras de arte. Las sub etapas de obras preliminares y trabajos finales difieren en el número de incidencias a pesar que tienen la misma cantidad de actividades; esto se debe a que la identificación se hizo en base a la demanda de hidrocarburos por la utilización de maquinaria que requiere cada actividad, según observaciones realizadas durante la etapa de ejecución de obra. Los impactos valorados según la categorización propuesta en el cuadro escalar N° 09 de la metodología y aplicando el criterio de sensibilidad ambiental observado en el campo, corresponden a impactos irregular alto (IA), lo cual significa que las actividades que se desarrollan en las instalaciones del campamento ocasionan impactos negativos al ambiente.
- Del proceso de evaluación de impactos ocasionados por las fugas y derrames de hidrocarburos, se determinó que los factores ambientales más afectados son: el suelo, agua y nivel de vida, y las sub etapas que mayor impacto generan son: pavimentos y movimiento de tierras, lo cual se relaciona con los resultados de análisis químicos del mes de mayo, junio y agosto en donde se registraron concentraciones significativas de hidrocarburos en el suelo.



## VI. CONCLUSIONES.

- 6.1 El área ocupada por el campamento de las plantas industriales ubicado a la altura del Km. 2+400 de la carretera Nauta – Iquitos, es una elevación de terreno con plataforma aplanada, constituido como un pasivo ambiental rodeado de recursos abióticos y bióticos vulnerables a la contaminación por inadecuado manejo de residuos de hidrocarburos en las instalaciones del taller-patio de maquinaria, planta de asfalto y zona de acopio de asfalto líquido (RC-250).
- 6.2 En el campamento de las plantas industriales, existe contaminación del suelo, siendo el punto de monitoreo del taller-patio de maquinaria el que registró valores altos de concentración de hidrocarburos totales, por lo que se concluye que las actividades de mantenimiento de maquinaria pesada, fugas permanentes aceite residual proveniente del grupo electrógeno y la inadecuada disposición de aceites residuales, fueron las que contribuyeron a contaminar el suelo llegando a una profundidad de 15 a 20 cm. en donde se detectaron que los valores de hidrocarburos sobrepasaron los límites máximos permisibles de referencia.
- 6.3 En suelos del tipo areno arcilloso y cuando el producto contaminante corresponde al tipo de hidrocarburos de fracción pesada, éste penetra con dificultad, así lo demuestra el punto de monitoreo de la planta de asfalto en donde se evidenció fugas y derrames permanentes de bunker (petróleo crudo residual) durante los días de producción de asfalto, fugas permanentes de aceites provenientes de los equipos de calefacción y de la inadecuada disposición de dichos productos; los valores determinados en el análisis químico no sobrepasan los valores permisibles a una profundidad de 20 cm, sin embargo, a una profundidad de 15 cm. el suelo está contaminado sobrepasando los límites máximos permisibles de referencia, a sí lo demuestra el valor registrado en el tercer monitoreo (mes de mayo), por lo que se concluye que las actividades de producción de asfalto contaminan el suelo superficialmente, trayendo como consecuencia inmediata la contaminación de los cursos de agua adyacentes, productos de la escorrentía que lava el suelo contaminado con hidrocarburos durante la presencia de lluvias.

- 6.4 Los resultados obtenidos de la determinación cuantitativa física del suelo contaminado por hidrocarburos, reportó que los productos contaminantes de aceites residuales y bunker fueron los que aportaron mayor volumen con 58.3330 m<sup>3</sup> y 33.0784 m<sup>3</sup> respectivamente, valores muy altos a los obtenidos por los derrames de diesel 2 y asfalto líquido, siendo un total de 120.1234 m<sup>3</sup>. de suelo contaminado por hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales y zona de combustible durante la etapa de construcción de la carretera.
- 6.5 En la evaluación de impactos ocasionados por fugas y derrames de hidrocarburos en el campamento de las plantas industriales, fueron las actividades de la sub. etapas de pavimentos y movimiento de tierras que contribuyeron a la contaminación del suelo y como consecuencia de éste los demás factores evaluados que se consideró potencialmente afectados por estar cerca a las fuentes de generación de derrames y fugas de hidrocarburos.
- 6.6 El volumen obtenido de suelo contaminado por hidrocarburos, es una cantidad considerable que necesita la implementación inmediata de sistemas de restauración, por lo que se recomienda aplicar las técnicas de tratamiento físico de aireación y estabilización, así como el tratamiento biológico mediante la técnica de landfarming, ésta última deberá aplicarse al suelo del taller y patio de maquinaria donde se registraron concentraciones de hidrocarburos por encima de los límites máximos permisibles de referencia.
- 6.7 Las obras de construcción de carreteras basado en la utilización de una gran flota de maquinaria y equipos que demandan consumo de volúmenes considerables de hidrocarburos, contaminan el suelo por derrames y fugas debido principalmente a deficiencias de piezas mecánicas y del inadecuado manejo de aceites residuales. Esto se agrava cuando se realizan en regiones de la selva en donde la presencia de lluvias es permanente todo el año, la mismas que lavan el suelo contaminado superficialmente y por efecto de la escorrentía llevan las sustancias tóxicas a los cursos de agua contaminándolo; agravándose aun más la situación si aguas abajo donde se extrae el recurso para consumo de alguna población como sucedió con la presente obra en donde se ejecutó el presente trabajo.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

- 7.1 A las investigaciones posteriores, para la correcta caracterización de un suelo contaminado por hidrocarburos, además de conocer sus propiedades físicas del suelo, se recomienda realizar pruebas de permeabilidad del producto contaminante que de luz de su comportamiento en el suelo, lo cual será de gran ayuda para delimitar el área afectada y poder establecer las medidas de remediación más adecuadas.
- 7.2 A la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transportes, a quién le compete la revisión, aprobación de los estudios de impacto ambiental y la supervisión del cumplimiento del plan de manejo ambiental de obras de infraestructura vial, deberá exigir que las compañías consultoras ejecutoras cumplan con los lineamientos ambientales establecidos en la inclusión del presupuesto general de obra, el monto presupuestal requerido para la ejecución de las medidas de control y mitigación ambiental, de tal manera que dicho presupuesto sea contemplado en el Expediente Técnico de obra, en el cual deberá asignarse un monto específico para el cumplimiento de las medidas de control y mitigación ambiental para el campamento de las plantas industriales y se valorice de acuerdo al avance de ejecución de dichas medidas.
- 7.3 A la empresa constructora responsable de la generación de los impactos ambientales durante la construcción de obra, deberá prevenir la contaminación del suelo en las instalaciones del taller y patio de maquinaria, planta de asfalto, zona de almacenamiento de combustibles, construyendo plataformas de material impermeable como geomembrana o concreto con drenajes del agua pluvial provistos de trampas grasas y aceites para finalmente ser acumuladas dichas aguas en un pozo de tratamiento de aguas residuales, garantizando de esta manera la no contaminación del suelo.
- 7.4 A la empresa constructora, deberá optimizar el buen estado mecánico de maquinaria y equipos, realizando mantenimiento periódico de chequeo mecánico, ya que la omisión puede acarrear sobre costos a la misma empresa tanto por daños ambientales, así como la reducción de vida útil de la maquinaria.

- 7.5 A la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transportes, deberá exigir como requisito indispensable a la empresa que asuma la supervisión de obra, la inclusión de personal técnico ambiental para realizar seguimiento permanente de la ejecución de medidas de control ambiental, priorizando el recurso suelo y agua en los campamentos tanto de las plantas industriales como del personal en donde se utilice grupos de generación eléctrica.
- 7.6 A la Dirección General de Asuntos Ambiental del Ministerio de Energía y Minas, dentro de sus competencias de protección ambiental en el sub sector hidrocarburos, a fijar los límites máximos permisibles de hidrocarburos en el suelo, y proponer especificaciones de caracterización del suelo contaminado, así como técnicas de remediación de acuerdo al tipo de suelo y a la región donde se suscita la contaminación del suelo.



## VIII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Aranda, N. 2003. "Estudios para determinar opciones de biorremediación en suelos óleo-contaminados". Editorial Copes. S.A. - México.
2. Álvarez, A. 2002. "Principales causas de contaminación del suelo por derivados del petróleo - aplicado al sistema de infraestructura del transporte" - PROFEPA. México.
3. Armas, E. 2001. Tecnología Ambiental. Editorial. Apligraf S.R.L. Trujillo - Perú.
4. Albert, L. 1990. Curso básico de tecnología ambiental. Editorial Limusa. México.
5. Boronat, J. 2001. Suelos Contaminados – Tecnologías aplicadas en el tratamiento de residuos peligrosos. Jornadas Fórum ambiental. Brasil.
6. Calabrese, E. 1993. Principales causas de contaminación del suelo por petróleo. Editorial Lewis publishers. U.S.A.
7. Canter W., Larry. 1999. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. España.
8. Casas, S. 1995. Tesis "Saneamiento Ambiental y Ecoturismo en Pasto Ruri". Huaraz- Perú.
9. Chapín, R. 1988. Química orgánica y toxicidad. Editorial Publicaciones México. México.
10. Ercoli, E. 1999. "Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos" INGEPET, Lima -Perú.
11. Estudio Técnico Definitivo 2004, del proyecto de culminación de la carretera Iquitos – Nauta, Tramo IV. Sector Km. 0+000 al Km. 19+000.
12. EPA & OMS. 1992: Environmental Protection de los Estados Unidos (EPA) y Organización Mundial de la Salud (OMS).
13. EPA. 2001. Guía del cuidado: Descontaminación de suelos contaminados. EUA.
14. Gálvez, R. & Muller, U. 2001. Tratamiento intensivo de suelos. Alemania.
15. Gonzáles, Q. 1995. "Aspectos de la contaminación de suelo". Boletín Informativo INE - México.
16. Iparraguirre, C & Mansen A. 1998. Reglamento de Drenaje Urbano de Nauta. Convenio MTCVC - SENCICO. Perú.
17. Luque, J. 1994. "Características edáficas de suelos afectados por derrames de petróleo". Convenio INTA- YPF. II Symposium Ciencia y Tecnología de la Patagonia Austral Argentina - Chile.



18. Martínez, E. & López. 2001. "Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso". México.
19. MTC – DGMA: Manual ambiental para el diseño y construcción de obras de infraestructura vial.
20. McBride, M. 1994. Ingeniería en la remediación de suelos empetrolados. OUP – New York Oxford. USA.
21. Menzie, C. 1992. "Exposición a Hidrocarburos aromáticos cancerígenos" Environmental Science & Technology - USA.
22. MEM-DGAA, 2000. "Guía para muestreo y análisis de suelo" - Volumen XV Restauración de suelos en instalaciones de refinación y producción petrolera". Editorial Fimart S.A. Lima – Perú.
23. Moraga, J. 2003. "Restauración de suelos contaminados" – Boletín MUYZER. Editorial Gerard. Canadá.
24. Norma Oficial Mexicana: NON -138-SEMARNAT-2003. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y especificaciones para su caracterización. México.
25. Ladrón, J. 1995. "Hidrocarburos aromáticos y efectos toxicológicos en la salud laboral". Editorial Interamericana. Madrid - España.
26. Larrañaga, E. 1998. Guía metodología para la investigación de la contaminación del suelo. IHOBE. S.A. - España.
27. Pastor, E. 2004. "Caracterización de suelos contaminados por residuos industriales en refinerías". PROFEPA - México.
28. Plaza, G. 2001. "Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos" Tesis profesional para maestría. Argentina.
29. Pérez, J & García, G. 2002. Contaminación del suelo por hidrocarburos. Boletín de Biotecnología y Bioingeniería. INE. México.
30. PEMEX (Petróleos Mexicanos). 1998. El petróleo: Origen y Procesos de refinación. México.
31. PEMEX (Petróleos Mexicanos). 2002. Boletín informativo N° 52/2002: Comportamiento del petróleo derramado. México.
32. Pirela, D. 2001. "Evaluación preliminar del efecto de los derrames petroleros sobre biodiversidad de vegetación y fauna". CLAM. Venezuela.
33. Rebatta, L. 2000. "Estudio Geológico de la carretera Iquitos- Nauta". Trabajo de investigación para obtener el grado de Master.

34. Reategui, R. 1997. Amazonía Peruana - Recursos Naturales. Editorial Reproval. Valencia España.
35. Romarino, S. 1989. "Diagnóstico sobre la contaminación del suelo por hidrocarburos de petróleo en el Pacífico - Sudeste. Colombia, Panamá y Perú – CPPS, PNUMA, COI -Valparaíso.
36. Saval, S, 1995. "Remediación y Restauración de suelos". PEMEX: Boletín Ambiente y Energía. Los Retos del Futuro - coedición petróleos mexicanos. México.
37. Sabroso, C. 2004."Guía sobre suelos contaminados"- Editorial. CEPYME ARAGON - España.
38. SEMARNAT. 1996. Caracterización de los suelos de Tabasco contaminados por petróleo, restauración y conservación. México.
39. SENAMHI. 2004 - 2005. Informe Semanal de la Estación Metereológica de Nauta.
40. SOWERS, F.1994. "Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones". Editorial. Limusa. S.A. - México.
41. Volke,T. &Velasco, J. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. INE. Editorial De Jiménez. México.

**ANEXOS**

## **ANEXO N° 01**

Formato de reporte de derrames de hidrocarburos



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**  
**E.A.P. INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**

<b>DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR HIDROCARBUROS EN LA CULMINACIÓN DE LA CARRETERA IQUITOS – NAUTA - 2004</b>		REPORTE DIARIO DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS	
FECHA DE REPORTE:	LUGAR:	HORA:	
ACTIVIDAD RESPONSABLE:	PRODUCTO CONTAMINANTE:		
MAQUINARIA O EQUIPO DONDE PROVIENE EL DERRAME O FUGA:			
CAUSAS QUE ORIGARON EL DERRAME O FUGA:			
1.....			
2.....			
3.....			
DESCRIPCION DEL DERRAMES O FUGA:			
FUE LIMPIADO EL DERRAME?	VOLUMEN O PESO DE SUELO CONTAMINADO (m³ ):		
SI	LARGO (cm.):		
NO	ANCHO (cm.):		
	PROFUNDIDADES (cm.):		
	P <sub>1</sub> :	P <sub>2</sub> :	P <sub>3</sub> : P <sub>4</sub> :

**Observaciones:**



## **ANEXO N° 02**

Inventario estratigráfico del suelo de la carretera  
Nauta – Iquitos, tramo IV, sector Km. 0+000 al  
19+000

**INVENTARIO ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO DE LA CARRTERA IQUITOS –  
NAUTA TRAMO IV. Km. 0+000 AL Km. 19+000.**

El presente inventario estratigráfico de la caracterización del material de constitución del suelo fue realizado por especialistas de geotecnia para expediente definitivo del estudio del tramo de la carretera en mención; quienes efectuaron calicatas a profundidades variadas, apoyándose con el empleo de una retroexcavadora para llegar hasta 4 m de profundidad como máximo y en otras ubicaciones, se realizaron calicatas excavadas manualmente. A continuación se muestra el cuadro del inventario estratigráfico del suelo.

**INVENTARIO ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO.**

Nº	Identificación y Profundidad	Km.	Descripción del Material
1	CALICATA C – 1 LADO: IZQ. (0.00 – 0.80)	0+300	Arena arcillosa, color anaranjado jaspeado medianamente compacto, poco o nada plástico, con 12.4% de humedad. Luego a 0.80 m, de profundidad se encontró una tubería del alcantarillado.
2	CALICATA C – 2 LADO: IZQ. (0.00 – 1.50)	0+750	0.00 - 1.20 m- Arcilla arenosa color anaranjado jaspeado poco o nada plástico con un 20.3% de humedad, en estado compacto. 1.20 - 1.50 m- Arena limosa color anaranjado, compacta, de baja plasticidad, con un 17.1% de humedad aproximadamente.
3	CALICATA C – 3 EJE (0.00 – 1.50)	1+250	0.30 - 1.50 m- Arcilla arenosa, color anaranjado, compacto, poco o nada plástico, con un 22.7% de humedad y consistencia dura.
4	CALICATA C – 4 LADO: DER (0.00 – 1.50)	1+750	0.22 - 0.40 m- Arcilla inorgánica muy plástico, semi compacto con 31.2 % de humedad. 0.40 - 0.85 m- arcilla de de alta plasticidad de color anaranjado rojizo, medianamente compacto, con un 29.0% de humedad y consistencia semi blanda. 0.85 - 1.50 m- Limo arcilloso de color anaranjado oscuro, compacto, poco o nada plástico, con un 31.5% de humedad.
5	CALICATA C – 5 LADO: IZQ. (0.00 – 1.50)	2+250	0.00 - 0.10 m- Material arcilla arenosa color anaranjado. 0.10 - 0.24 m- Arcilla de alta plasticidad, color rosáceo, compacto, con un 30.9. 0.44 - 1.14 m- Arcilla arenosa color anaranjado, compacto, poco o nada plástico, con un 20.9% de humedad. 1.14 - 1.50 m- Arcilla limosa, color morado, compacto, poco plástico, con un 29.1% de humedad.
6	CALICATA C – 6 LADO: DER (0.00 – 1.50)	2+750	0.00 - 0.40 m- Limo arenoso de color blanquecino, ligeramente plástico, semi compacto con 11.5 % de humedad y baja plasticidad. 0.40 - 0.53 m- Capa anticontaminante de color gris oscuro, conformado con material limo arenoso, no plástico, semi compacto con 11 % de humedad. 0.53 - 0.78 m- Arcilla arenosa de color anaranjado claro, compacto, poco plástico, con un 21.2 % de humedad. 0.78 - 1.50 m- Arcilla de alta plasticidad, de color anaranjado oscuro jaspeado con blanco, compacto, plástico, con un 29.8% de humedad aproximadamente.
7	(CALICATA C – 7 LADO: DER. (0.00 – 1.50)	3+250	0.00 - 0.44 m.- Arcilla de baja compresibilidad, color anaranjado claro, medianamente compacto, plástico, con un 21% de humedad aproximadamente, de consistencia semi dura. 0.44 - 1.50 m.- Limo arenoso y arcilloso de color amarillento blanquecino jaspeado con rosado, medianamente compacto, ligeramente plástico, con un 12.2% de humedad aproximadamente.
8	CALICATA C – 8 LADO: IZQ. (0.00 – 1.50)	3+750	0.00 - 0.43 Arcilla, de baja compresibilidad color anaranjado CON 24% de humedad. 0.43 - 1.50 m.- Limo arcilloso, color anaranjado jaspeado, medianamente compacto, poco o nada plástico, con un 12% de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura.
9	CALICATA C – 9 LADO: DER. (0.00 – 1.50)	4+250	0.00 - 0.58 m.- Arcilla, de baja compresibilidad color anaranjado, medianamente compacto, medianamente plástico, con un 14% de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura.

Nº	Identificación y Profundidad	Km.	Descripción del Material
			0.508 - 1.50 m.- Limo arenoso de color anaranjado, medianamente compacto, medianamente plástico, con un 22.9% de humedad.
10	CALICATA C – 10 LADO: DER. (0.00 – 1.19)	4+750	0.00 - 0.56 m.- Arcilla, de baja compresibilidad color anaranjado rojizo jaspeado, medianamente compacto, plástico, con un 20 % de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura. 0.56 - 0.96 m.- Material arenoso, no plástico, medianamente compacto con 10 % de humedad aproximadamente. 0.96 - 1.19 m.- Arcilla, de baja compresibilidad color anaranjado rojizo jaspeado, semi compacto, plástico, con un 22 % de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura. 1.19 - 1.44 m.- Material arenoso, no plástico, semi compacto con 10 % de humedad aproximadamente. 1.44 - 1.50 m.- Arcilla, de baja compresibilidad color anaranjado rojizo jaspeado, medianamente compacto, plástico, con un 20.2 % de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura.
11	CALICATA C – 11 LADO: IZQ. (0.00 – 1.70)	5+250	0.00 – 0.50 m.- Material arenoso y limoso, no plástico, medianamente compacto con 10% de humedad. 0.50 - 1.30 m.- Limo arenoso de color beige medianamente compacto, no plástico, con un 12.3 % de humedad. 1.30 - 2.00 m.- Arcilla, de alta compresibilidad de color anaranjado rojizo jaspeado, medianamente compacto, plástico, con un 35.7 % de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura.
12	CALICATA C – 12 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	5+750	0.00 - 0.40 m.- Limo arcilloso, de baja compresibilidad color anaranjado, semi compacto, medianamente plástico, con un 12% de humedad, de consistencia semi-blanda. 0.40 - 0.82 m.- Arcilla limosa de color beige, semi dura de baja plasticidad con un 19.2% de humedad. 0.80 – 2.00 Arcilla inorgánica de alta plasticidad con 31.4 % de humedad.
13	CALICATA C – 13 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	6+250	0.00 - 0.49 m.- Capa anticontaminante color gris, limosos arenoso no plástico, semi compacto con 13.7 % de humedad. 0.49 - 1.17 m.- Arena arcillosa, color anaranjado, compacto, mediana a baja plasticidad, con un 12% de humedad aproximadamente, de consistencia semi-dura. 1.17 - 2.00 m.- Arena limo arcillosa, color rojizo, medianamente compacto, medianamente plástico, con un 15% de humedad.
14	CALICATA C – 14 LADO: IZQ. (0.00 – 1.80)	6+750	0.00 - 0.36 m.- Capa anticontaminante color gris, conformado con material arenoso, no plástico, medianamente compacto. 0.36 - 1.80 m.- Limo arcilloso, color rojizo jaspeado, compacto, mediana a baja plasticidad, con un 15% de humedad, de consistencia semi-dura.
15	CALICATA C – 15 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	7+250	0.00 - 0.33 m.- Capa anticontaminante color gris oscuro, conformado con material arenoso ligeramente limoso, no plástico 0.33 - 2.00 m.- Limo arcilloso, color anaranjado claro consistencia semi dura de baja plasticidad, con un 18 % de humedad.
16	CALICATA C – 16 LADO: IZQ. (0.00 – 2.10)	7+750	0.00 - 0.13 m.- Material de Sub base color beige - amarillento, areno limoso 0.13 - 0.40 m.- Capa anticontaminante de color gris, conformado con material limo arenoso, no plástico, semi compacto y húmedo, por filtración existente. 0.40 - 2.10 m.- Arcilla limosa, color rojizo jaspeado con verdoso blanquecino y morado, compacto, mediana plasticidad, con un 20 % de humedad, de consistencia semi-dura.
17	CALICATA C – 17 LADO: DER. (0.00 – 2.00)	8+250	0.00 - 2.00 m.- Material arcilloso color rojizo jaspeado con verde, de plasticidad media 20% de humedad de consistencia semi dura, fácilmente moldeable.
18	CALICATA C – 18 LADO: DER. (0.00 – 2.00)	8+750	0.00 - 0.30 m.- Material arcilla limosa de color rojizo jaspeado con verde, de plasticidad media, con un 22.4% de humedad y consistencia dura. 0.30 - 1.50 m.- Material limo arenoso de color rosáceo jaspeado con blanco y amarillo, no plástico de consistencia semi blanda, con 19.9% de humedad. 1.50 - 2.00 m.- Arcilla, de color morado jaspeado con blanquecino, medianamente compacto, plasticidad media a alta, con un 25 % de humedad, de consistencia semi-blanda. Existe filtración de agua a 1.40 m de profundidad por cercanía a sub dren.
19	CALICATA C – 19 LADO: DER. (0.00 – 2.10)	9+250	0.00 - 0.90 m.- Material arcilloso color rojizo claro de plasticidad media a baja, con 23 % de humedad aproximadamente de consistencia semi-dura. 0.90 - 2.10 m.- Material arcilla de color rojizo claro de mediana plasticidad con 26.6 % y de consistencia dura.

Nº	Identificación y Profundidad	Km.	Descripción del Material
20	CALICATA C – 20 LADO: (0.00 – 0.53)	9+750	0.00 - 0.53 m.- Material limo arcilloso de color anaranjado-rosáceo de plasticidad media a baja, con 10 % de humedad de consistencia dura. 0.53 - 2.20 m.- Material arcilloso de color verdoso jaspeado con anaranjado, con presencia de materia orgánica (truncos y raíces) de plasticidad media a alta, con 28% de humedad consistencia media.
21	CALICATA C – 21A LADO: IZQ. (0.00 – 1.50)	10+170	0.00 - 0.30 m.- Material arcilloso de color beige blanquecino de plasticidad media, con 15.6% de humedad de consistencia blanda. 0.30 - 1.50 m.- Material limo arcilloso de color blanquecino jaspeado con rojo, de plasticidad media a alta, con 35.7% de humedad y consistencia semi blanda. Se tomó una muestra con fines de obtener el CBR en muestra disturbada. Nivel Freático = 1.20 m
22	CALICATA C – 21B LADO: DER. (0.00 – 2.50)	10+750	0.00 - 0.10 m.- Material areno limoso color beige claro, prácticamente suelto. 0.10 - 2.50 m.- Material arcilloso color rojizo, de plasticidad media, con 15% de humedad y consistencia semi dura.
23	CALICATA C – 22 LADO: IZQ. (0.00 – 2.30)	11+250	0.00 - 0.10 m.- Material areno limoso color rosáceo, en estado compacto. 0.10 - 1.10 m.- Material limo arcilloso de color anaranjado jaspeado con beige blanquecino, de plasticidad media, con 12% de humedad aproximadamente de consistencia semi dura. 1.10 - 2.30 m.- Material limo arcillo limoso de color amarillento, de plasticidad media, con 16% de humedad de consistencia semi blanda. Se tomó muestra para ensayo de Corte Directo. Nivel Freático = 2.30 m
24	CALICATA C – 23 LADO: DER. (0.00 – 2.00)	11+750	0.00 - 0.14 m.- Material areno limoso de color rosáceo, ligeramente compacto. 0.14 - 2.00 m.- Material arcilloso de color amarillento, de plasticidad media, con 18 % de humedad de consistencia semi blanda. Se tomó muestra para ensayo de Corte Directo. Nivel Freático = 2.00 m
25	CALICATA C – 24 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	12+250	0.00 - 0.30 m.- Material limo arcilloso de color anaranjado jaspeado, compacto, medianamente plástico, con 29.6% de humedad y de consistencia semi dura. 0.30 - 0.90 m.- Material arcilla de color gris claro, de plasticidad media con 25 % de humedad de consistencia semi dura. 0.90 - 2.00 m.- Material limo arcilloso, gris oscuro plasticidad media, con 30% de humedad aproximadamente de consistencia semi dura.
26	CALICATA C – 25 LADO: DER. (0.00 – 1.50)	12+250	0.00 - 0.90 m.- Material arcilla limosa de color beige amarillento, ligeramente plástico, con 30.2% de humedad de consistencia semi blanda. 0.90 - 1.50 m.- Material arcilla arenosa de color rojizo jaspeado, de plasticidad baja con 25.3% de humedad de consistencia semi dura.
27	CALICATA C – 26 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	13+200	0.00 - 2.00 m.- Material arcilla intercalado con lentes de material areno limoso, color amarillento, compacto, medianamente plástico, con 31.4% de humedad de consistencia semi dura.
28	CALICATA C – 27 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	13+750	0.00 - 1.30 m.- Material arcilla arenosa de color anaranjado jaspeado, compacto, medianamente plástico, con 30.2% de humedad, de consistencia semi blanda. 1.30 - 2.00 m.- Material arcilloso de color beige, de plasticidad media alta, prácticamente saturado, consistencia blanda, se apreció materia orgánica a 1.10m de profundidad (truncos). Nivel Freático = 2.00 m
29	CALICATA C – 28 LADO: DER. (0.00 – 2.00)	14+250	0.00 - 2.00 m.- Material limo arenoso de color beige amarillento, sin plasticidad con 28.7% de humedad,
30	CALICATA C – 29 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	14+800	0.00 - 0.40 m.- Material arcilla limosa de color anaranjado, de mediana de plasticidad con 15% de humedad de consistencia semi blanda. 0.40 - 0.60 m.- Material arcilla de color rosáceo, de plasticidad media a baja, con 16% de humedad de consistencia semi blanda. 0.60 - 1.30 m.- Material arcilla arenosa de color anaranjado oscuro, medianamente compacto, de plasticidad media, con 53.3% de humedad y consistencia semi blanda. 1.30 - 2.00 m.- Material limo arcilloso de alta plasticidad de color anaranjado claro-amarillento, compacto, de plasticidad media, con 25% de humedad, de consistencia blanda.
31	CALICATA C – 30 LADO: IZQ. (0.00 – )	15+250	Limo arenoso, con lentes de arcilla de baja compresibilidad, color anaranjado amarillento, no presenta plasticidad, con 21.9% de humedad y en estado semi suelto.



Nº	Identificación y Profundidad	Km.	Descripción del Material
32	CALICATA C – 31 LADO: IZQ. (0.00 – 1.80)	15+750	0.00 - 0.50 m.- Material areno arcilloso, color anaranjado jaspeado, medianamente compacto, de plasticidad media a baja, con 18% de humedad de consistencia semi blanda. 0.50 - 1.80 m.- Material arcilloso, color rojizo, compacto, de plasticidad media, con 22% de humedad de consistencia semi dura.
33	CALICATA C – 32 LADO: IZQ. (0.00 – 1.80)	16+250	0.00 - 0.20 m.- Material arena limosa de color anaranjado jaspeado, medianamente compacto, de plasticidad baja, con 12% de humedad. 0.20 - 1.80 m.- Material limo arcilloso, de color anaranjado, compacto, de plasticidad media, con 20% de humedad de consistencia semi dura.
34	CALICATA C – 33 LADO: IZQ. (0.00 – 2.30)	16+750	0.00 - 0.80 m.- Material arcilla limosa de color anaranjado, medianamente compacto, de plasticidad media, con 16% de humedad. 0.80 - 1.80 m.- Material arcilloso de color anaranjado, medianamente compacto, de plasticidad media, con 31.17% de humedad, de consistencia semi blanda. 1.80 - 2.30 m.- Material arcilla de color rosáceo, medianamente compacto, de plasticidad media, con 27% de humedad, de consistencia semi blanda. Nivel Freático = 2.30 m.
35	CALICATA C – 34 LADO: IZQ. (0.00 – 2.40)	17+250	0.00 - 0.40 m.- Material arcilla, de color anaranjado, medianamente compacto, de plasticidad media a baja, con 14% de humedad. 0.40 - 2.00 m.- Material arcilla de baja plasticidad de color grisáceo con presencia de material orgánico, medianamente compacto, de plasticidad media a alta, con 26.7% de humedad, de consistencia semi blanda, con presencia de raíces y restos de troncos en proceso de descomposición. 2.00 - 2.40 m.- Material arcilloso, color anaranjado jaspeado con grisáceo, medianamente compacto, de plasticidad media, con 25% de humedad de consistencia semi blanda.
36	CALICATA C – 35 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	17+750	0.00 - 1.50 m.- Material arcilla arenosa de plasticidad media a baja, con 19.9% de humedad de consistencia blanda. 1.50 - 2.00 m.- Material arcilloso con lentes de arena blanquecina, color grisáceo, con presencia de material orgánico, medianamente compacto, de plasticidad media a alta, con 20% de humedad, de consistencia blanda.
37	CALICATA C – 36 LADO: IZQ. (0.00 – 2.00)	17+850	0.00 - 2.00 m.- Material limoso, color grisáceo amarillento-verdoso, medianamente compacto, de plasticidad media a baja, con 31.04% de humedad.
38	CALICATA C – 37 LADO: IZQ. (0.00 – 2.40)	18+500	0.00 - 1.40 m.- Material arcilloso, color anaranjado, medianamente compacto, de plasticidad media a baja, con 19.4% de humedad en estado semi duro. 1.40 - 2.00 m.- Material arcilloso, color grisáceo claro, medianamente compacto, de plasticidad media a baja, con 19.4% de humedad de consistencia semi blanda. 2.00 - 2.40 m.- Material arcilloso, color anaranjado jaspeado con grisáceo, medianamente compacto, de plasticidad media, con 20% de humedad de consistencia semi blanda.
39	CALICATA C – 38D LADO: DER. (0.00 – 3.00)	18+940	0.00 - 0.60 m.- Material arcilloso, color beige-anaranjado, ligeramente compacto, de plasticidad media, con 18% de humedad (material de relleno). 0.60 - 2.00 m.- Material arcilloso, de color grisáceo claro, medianamente compacto, de plasticidad media, con 30.56% de humedad aproximadamente, de consistencia semi blanda. (material de relleno). 2.00 - 3.00 m.- Material arcilloso, color rojizo jaspeado con grisáceo, medianamente compacto, de plasticidad media, con 16% de humedad, de consistencia semi dura, se disgrega en bloques pequeños o terrones.
40	CALICATA C – 38I LADO: IZQ. (0.00 – 3.50)	18+955	0.00 - 3.00 m.- Material de relleno arcilloso, de color anaranjado, ligeramente compacto, de plasticidad media, con 23.4% de humedad (material de relleno), consistencia semi blanda. 3.00 - 3.50 m.- Material arcilloso, de color grisáceo claro, medianamente compacto, de plasticidad media, con 20% de humedad aproximadamente, de consistencia semi blanda.

Fuente: Estudio Geotécnico

En el cuadro del inventario estratigráfico, en la zona sombreada se aprecia que la caracterización del suelo de la vía en construcción a la altura del Km. 2+000a altura al Km. 2+400, corresponde al tipo suelo arcilloso, a esta altura se ubicó el campamento de las plantas industriales; dentro de cual se instaló el taller, patio de maquinaria, planta de asfalto, zona de acopio de combustible.



### **ANEXO N° 03**

Porcentaje de humedad del suelo en la zona objeto de estudio

**PORCENTAJE DE HUMEDAD NATURAL DEL SUELO EN LAS ZONAS DEL TALLER-PATIO DE MAQUINARIA, PLANTA DE ASFALTO Y ZONA DE COMBUSTIBLE.**

El porcentaje de humedad del suelo en las zonas objeto de estudio se determinó en el laboratorio de suelos y pavimentos de la empresa constructora. El criterio para saber si a humedad (MTC E 110 - SUCS) es alta o baja se interpreta de la siguiente manera:

- Cuando el % de humedad de la natural de la muestra es menor al valor del límite líquido de la muestra, el porcentaje de humedad es bajo.
- Cuando el % de humedad de la natural de la muestra se aproxima o es igual al valor límite líquido de la muestra, el porcentaje de humedad es moderadamente alto.
- Cuando el % de humedad de la natural de la muestra es mayor que el valor del límite líquido de la muestra, el porcentaje de humedad es moderadamente alto.

**Interpretación del porcentaje de humedad del suelo en los puntos de monitoreo.**

MUESTRA	%Humedad de la muestra	% Límite líquido de la muestra	Interpretación % humedad del suelo
<i>02 de noviembre del 2004</i>			
<b>T</b>	36.5	36.4	Moderadamente alto
<b>A</b>	26.5	20.3	alto
<b>C</b>	32.6	31.3	alto
<i>12 de febrero del 2005</i>			
<b>T</b>	32.1	31.2	alto
<b>A</b>	29.5	34.6	Ligeramente baja
<b>C</b>	27.1	27.1	Moderadamente alto
<i>02 de mayo del 2005</i>			
<b>T</b>	29.8	31.5	Moderadamente alto
<b>T-DAA</b>	27.7	26.5	Ligeramente alto
<b>A-1B</b>	27.7	34.9	bajo
<b>A-1B2</b>	27.3	38.9	bajo
<b>A-1GE</b>	36.1	39.1	Ligeramente bajo
<b>A-TAT</b>	27.8	26.5	alto
<b>C</b>	22.2	29.7	bajo

*Fuente: Elaboración propia*

**T:** Zona del Taller-patio de maquinaria.

**A:** Zona de la planta de asfalto.

**T-DAA:** Drenaje de aguas aceitosas.

**A-1B y B2:** muestras de zona de fugas y derrames de bunker y aceites en la planta de asfalto.

**A-1GE:** Zona de fugas y derrames de aceite del grupo de la planta de asfalto.

**A-TAT:** Zona de flujo de aceite térmico en la planta de asfalto.

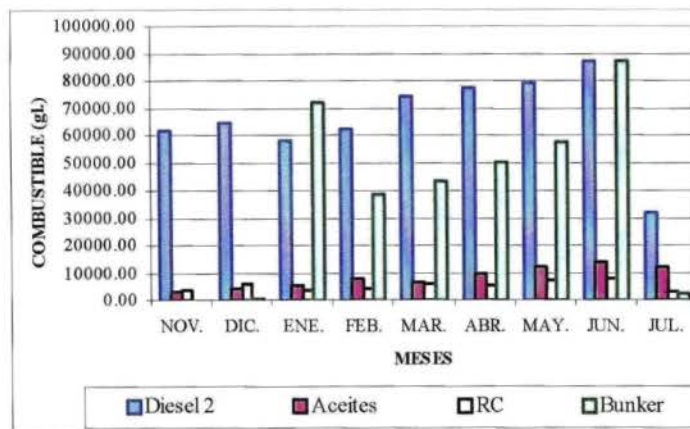
## **ANEXO N° 04**

Consumo de hidrocarburos en obra y número de  
maquinaria en obra

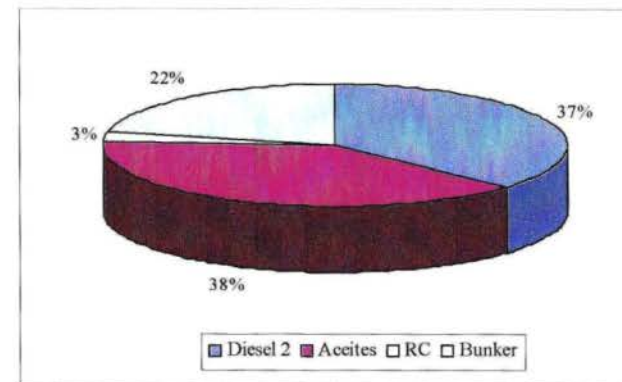
### CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN OBRA (GL)

HIDROCARBUROS	MESES 2004 - 2005									TOTAL	PORCENTAJE %
	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.		
Diesel 2	61789.69	64659.54	58463.30	62126.40	74493.99	77796.76	79350.50	87343.90	32413.66	598437.74	56
Aceites	3324.69	4003.39	5385.90	7653.33	6765.86	9791.11	11844.98	14094.45	12209.14	75072.85	7
RC	3905.00	6010.00	3757.50	4094.00	6032.00	5564.00	7420.00	7877.00	2964.00	47623.50	4
Bunker		395.00	71848.50	38540.00	43829.00	50434.00	57823.50	87251.00	2277.00	352398.00	33

### VARIACION MENSUAL DEL CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN OBRA (GL)



### VARIACION PORCENTUAL DEL CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN OBRA (GL)



### **NÚMERO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PESADOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA**

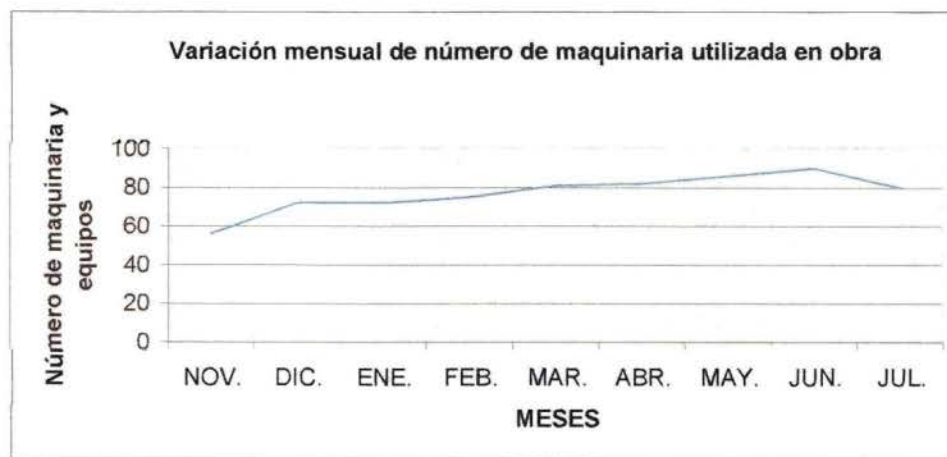
La maquinaria y equipos utilizados en las diferentes actividades de las sub etapas de construcción de la carretera Iquitos – Nauta, se menciona a continuación, las mismas que fueron aumentando mes a mes de acuerdo a la necesidad de trabajos.

#### **NÚMERO DE MAQUINARIAS UTILIZADA EN OBRA**

NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.
56	72	72	75	81	82	86	90	80

Elaboración propia

La variación mensual de número de maquinaria utilizada en la construcción de la carretera, se aprecian en el siguiente grafico.





## **ANEXO N° 05**

Panel fotográfico



**Fotografía N° 01:** Zona del taller y patio de maquinaria, cuando se iniciaba los trabajos de construcción de la carretera.



**Fotografía N° 02:** Derrames de aceite residuales durante los trabajos de reparación de maquinaria pesada en el taller, dichos derrames fluyen por la canaleta perimetral hacia la parte posterior.



**Fotografía N° 03:** Flujo de aceites residuales provenientes del taller y patio de maquinaria.



**Fotografía N° 04:** Fuga permanente de aceites en la zona del grupo electrógeno del taller y patio de maquinaria.





**Fotografía N° 05:** Vertimiento intencional de aceites residuales por parte de los mecánicos, en la parte posterior del taller y patio de maquinaria.



**Fotografía N° 06:** Instalaciones de la planta de producción de asfalto.



**Fotografía N° 07:** Fugas permanentes de bunker debido al estado deteriorado de válvulas y tuberías del tanque de almacenamiento.



**Fotografía N° 08:** Derrames de bunker y aceites durante los trabajos de calentamiento de la planta para producción de asfalto.





**Fotografía N° 09:** Derrames de bunker y aceites en el interior de la planta, zona del equipo de calefacción (caldero), dichas sustancias se encuentran empozadas y tapadas con grava (piedra chancada), y al producirse la lluvia flotan y discurren hacia los cursos de agua.



**Fotografía N° 10:** Fugas acumuladas de bunker, que muchas veces se dejó abandonado el recipiente que rebalsó el líquido al suelo.

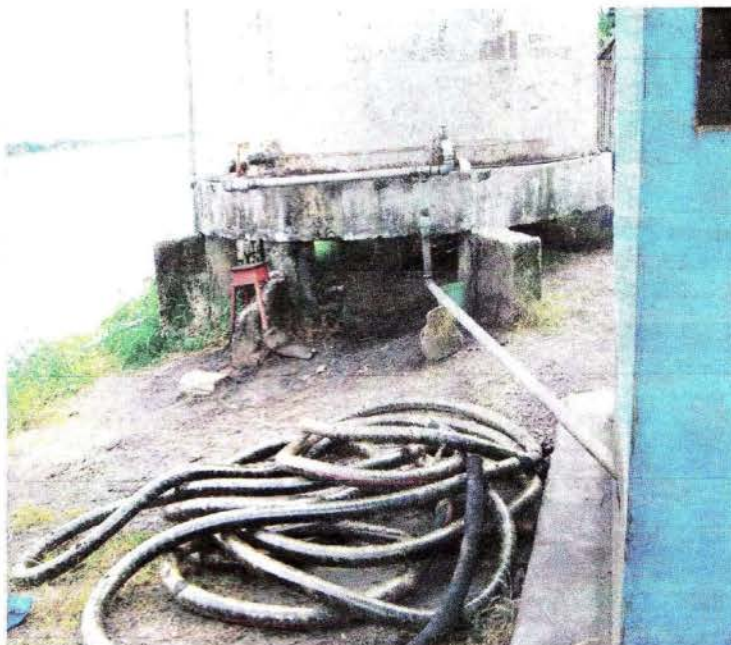


**Fotografía N° 11:** Cilindros conteniendo residuos tanto de bunker y aceites, dispuestos inadecuadamente, al producirse la lluvia los llena y rebalsa el líquido oleaginoso al suelo.



**Fotografía N° 12:** Zona del tanque de combustible de diesel 2 y grifo surtidor, ubicado a orillas de un brazo del río Marañón, al costado se observa viviendas, en cuyo patio juegan los niños.





**Fotografía N° 13:** Fugas y derrames de combustible diesel 2 en la zona del tanque de almacenamiento, debido a válvulas deterioradas.



**Fotografía N° 14:** Fugas y derrames de asfalto líquido (RC-250) en la zona de acopio, debido a cilindros rotos.



**Fotografía N° 15:** Suelo contaminado, en la parte posterior de la zona de acopio de asfalto líquido (RC- 250).



**Fotografía N° 16:** Suelo contaminado por asfalto líquido (RC - 250), se puede observar que el líquido en ausencia del sol no penetra, quedándose adherido en las partículas superficiales del suelo.





**Fotografía N° 17:** Zona de evacuación de fugas y derrames de aceites residuales provenientes del taller y patio de maquinaria.



**Fotografía N° 18:** Evacuación de aguas aceitosas proveniente de la zona de lavado de vehículos. Taller-patio de maquinaria.





**Fotografía N° 19:** Zona de evacuación de las aguas residuales con bunker y aceites de la planta de asfalto.



**Fotografía N° 20:** Zona de flujo del diesel 2 producto de fugas y derrames del tanque de almacenamiento.



**Fotografía N° 21:** Toma de muestra de suelo (muestra testigo) para análisis químico, en la zona de la planta de asfalto antes de operar.



**Fotografía N° 22:** Profundidad de 30 cm. en la toma de muestra testigo de suelo en la zona posterior del taller-patio máquinas antes de operar.





**Fotografía N° 23:** Introducción del instrumento en el suelo hasta alcanzar una profundidad de 20 cm. en la toma de muestra para análisis químico. Cuarto monitoreo, zona de taller-patio máquinas.



**Fotografía N° 24:** Instrumento totalmente introducido en el suelo a una profundidad de 20 cm. en la zona de flujo de aceites residuales provenientes del taller y patio de maquinaria. Cuarto monitoreo.



**Fotografía N° 25:** Profundidad de 20 cm. en la toma de muestra de suelo para análisis químico en la zona de la planta de asfalto.



**Fotografía N° 26:** Extracción de la muestra de suelo del nucleador al envase de vidrio boca ancha. Planta de asfalto.





**Fotografía N° 27:** Muestra de suelo colocado y tapado en el envase de vidrio listo para ser colocado en el termo de ambiente fresco.

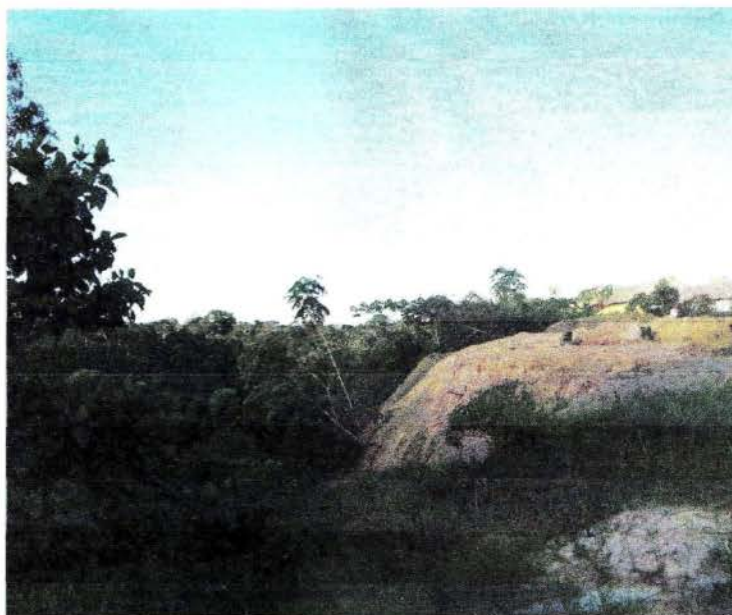


**Fotografía N° 28:** Medición de las manchas de suelo contaminado por fugas y derrames de hidrocarburos.





**Fotografía N° 29:** Señalización de las manchas de hidrocarburos medidas, para evitar repetición en la determinación del volumen del suelo contaminado por fugas y derrames de hidrocarburos.



**Fotografía N° 30:** Depresión natural cubierta con densa vegetación al entorno del campamento de las plantas industriales, Km. 2+400.



**Fotografía N° 31:** Poza de retención de aguas residuales con aceites provenientes de la planta de asfalto, habilitado a fines del mes de febrero.



**Fotografía N° 32:** Suelo arcilloso cubierto por capas de arena fina y grava de 3/4 de pulg. de diámetro, que se colocó en el terreno.





**Fotografía N° 33:** Troncos de leña y área habilitada para hornos de elaboración carbón, ubicado cerca a las instalaciones de las plantas Industriales del Km. 2+400.



**Fotografía N° 34:** Pobladores del AA. HH Señor de los Milagros, ubicado aguas debajo de la quebrada Zaragoza, la misma que pasaba cerca a la planta de asfalto. En ésta desembocaba el curso de aguas aceitosas provenientes de la planta de asfalto, producto del lavado de suelo contaminado con hidrocarburos durante las lluvias.



**Fotografía N° 35:** Desembarcadero de arena fina extraída del lado derecho del brazo del río Marañón. En las orillas del lado derecho estuvo ubicada la zona de almacenamiento de combustible de la empresa constructora.



**Fotografía N° 36:** Profundidad alcanzada por la filtración de aceites residuales en la zona del taller y patio de maquinaria.



## **ANEXO N° 06**

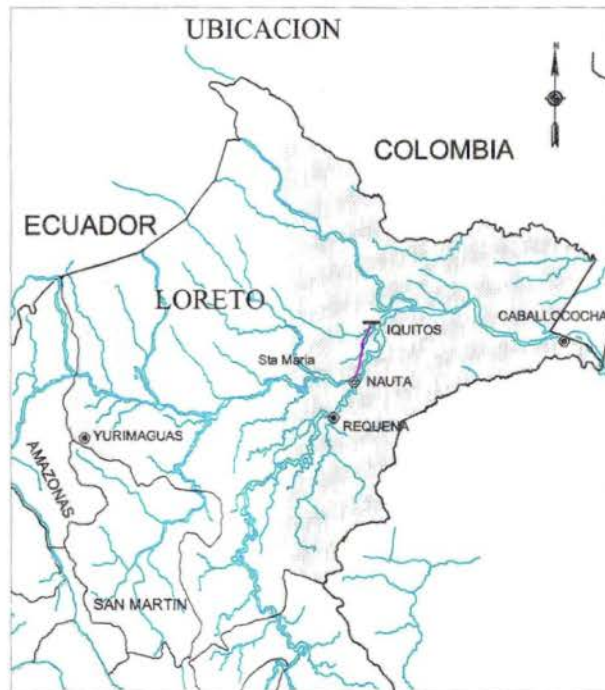
Plano N° 01: Ubicación del campamento de las plantas industriales

Plano N° 02: Ubicación de los puntos de muestreo en el campamento de las plantas industriales.

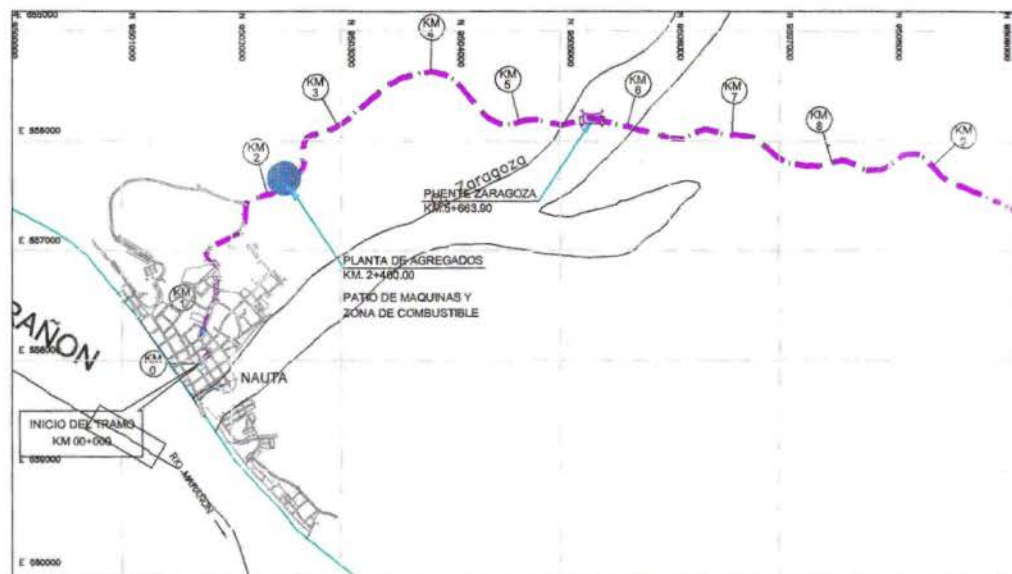
Plano N° 03: Ubicación del punto de muestreo en la zona de combustible.

Plano N° 04: Delimitación del área afectada por fugas y derrames de hidrocarburos del campamento de las plantas industriales.

Plano N° 05: Delimitación del área afectada por fugas y derrames de hidrocarburos en la zona de combustible



LEYENDA	
Limite Internacional	—
Limite Departamental	—
Limite Provincial	—
Tramo del Proyecto	—
Rio	—
Capital de Departamento	●
Capital Provincial	●
Capital Distrital	●
Pueblo	●
Zona de estudio	—



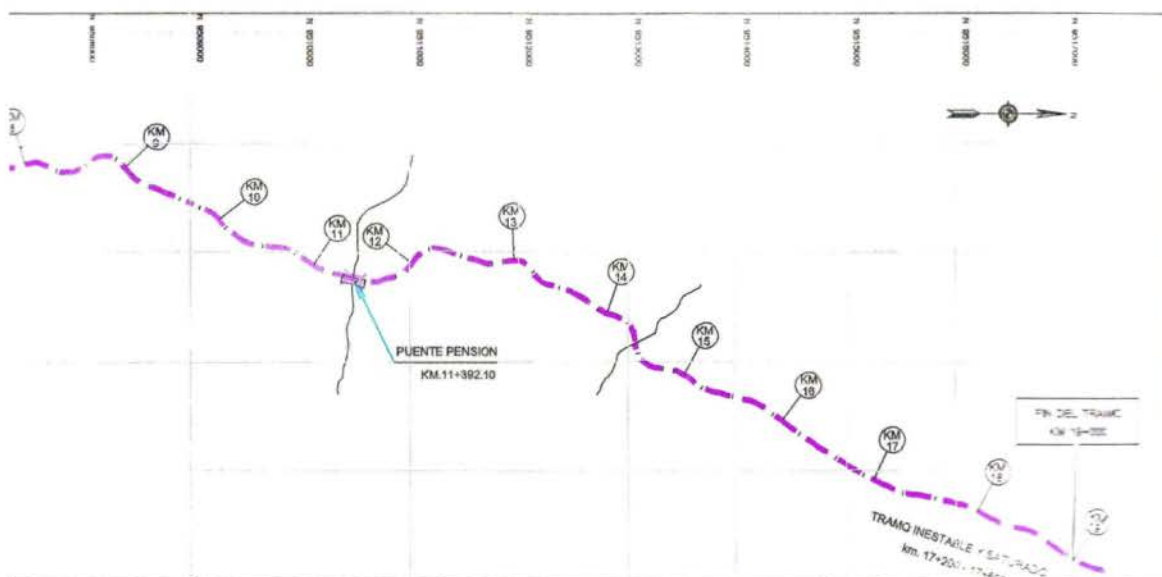
U.N.S.M.

FACULTAD DE ECOLOGIA

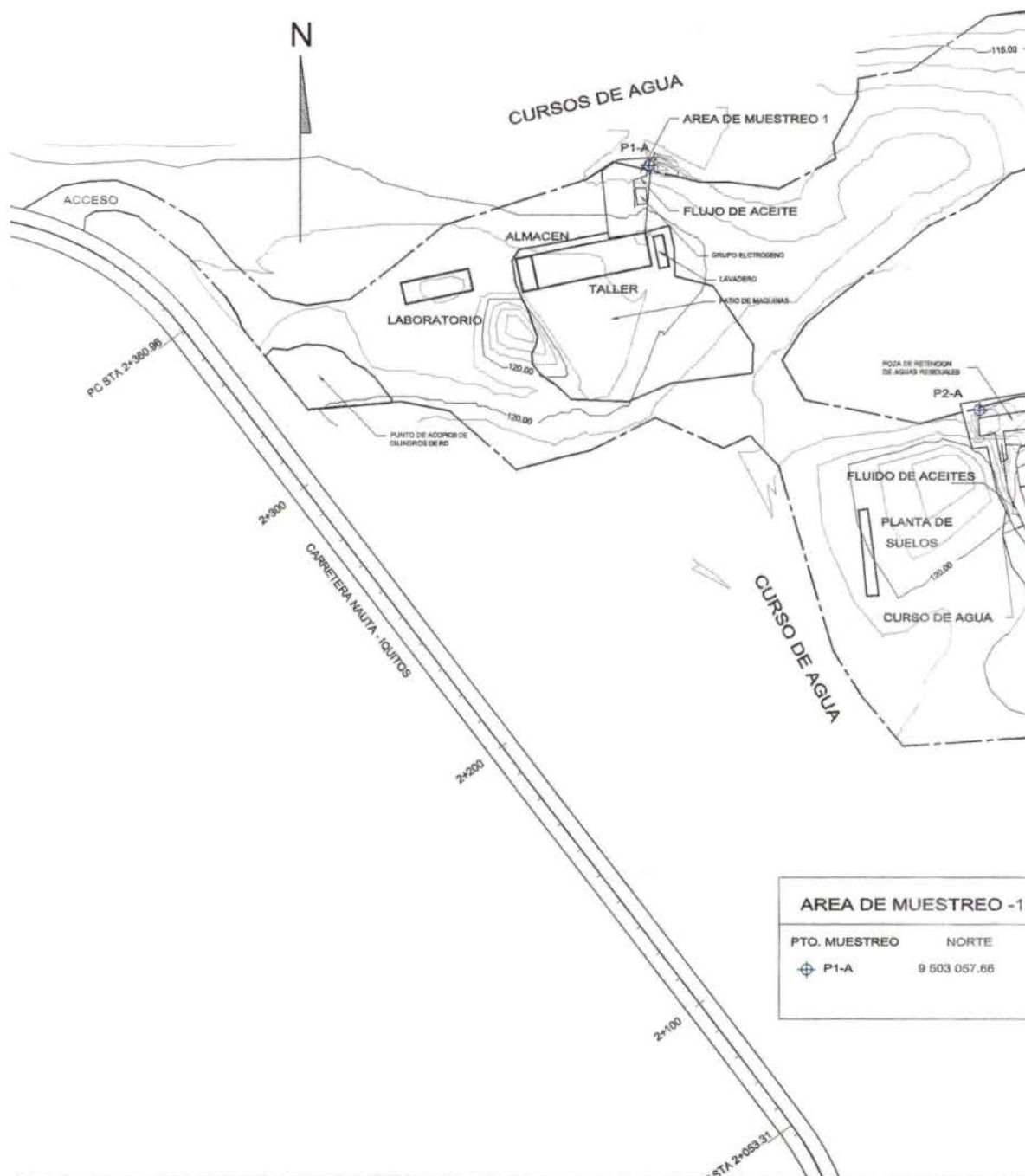
ING. AMB. SANTIAGO CASAS LUNA

BACH. ANGELINA MANAY GAST

LEYENDA	
Internacional	—
Departamental	—
Provincial	—
de Proyecto	—
de Departamento	—
Provincial	—
Distrito	—
Estudio	—



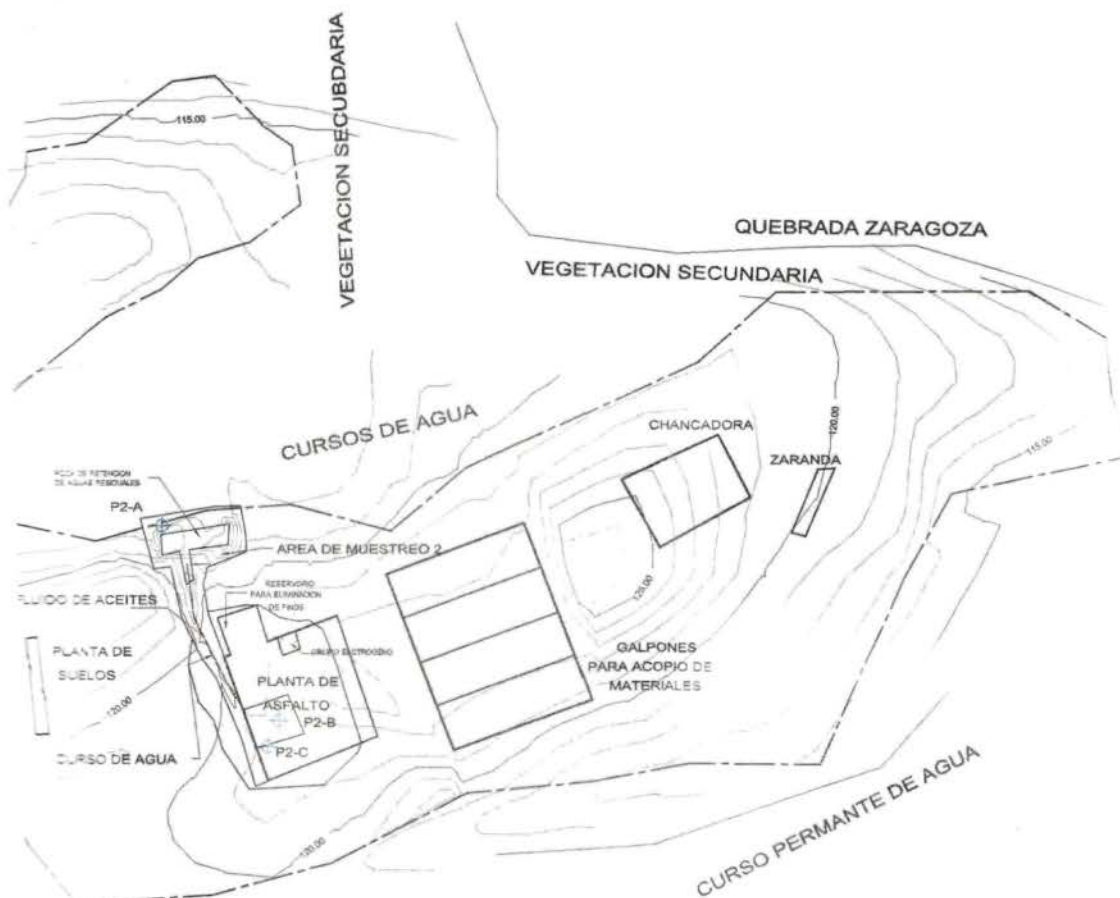
ANGELINA MANAY GASTELO	TITULO DEL PROYECTO	UBICACION	ESCALA	FECHA	PLANO
	DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE SUELOS POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA: CARRETERA IQUITOS-NAUTA, TRAMO IV Km. 0+000.00 - Km. 19+000.00				
		PLANO DE UBICACION	1/50000	NOV. 2004	P.



AREA DE MUESTREO -1=	
PTO. MUESTREO	NORTE
 P1-A	9 503 057.66

U.N.S.M.	FACULTAD DE ECOLOGIA	ADON: ING. AMB. SANTIAGO CASAS LUNA	TORRE: BACH. ANGELINA MANAY GASTELO	TRUJILLO DE DE
----------	----------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------





DE MUESTREO -1= 311.85 m2

PTO. MUESTREO	NORTE	ESTE	COTA
P2-A	9 503 057.66	656 664.94	118.60

AREA DE MUESTREO -2= 866.20 m2

PTO. MUESTREO	NORTE	ESTE	COTA
P2-A	9 502 982.28	656 786.37	117.80
P2-B	9 502 926.46	656 790.38	121.10
P2-C	9 502 929.22	656 798.29	121.40

MANAY GASTELO

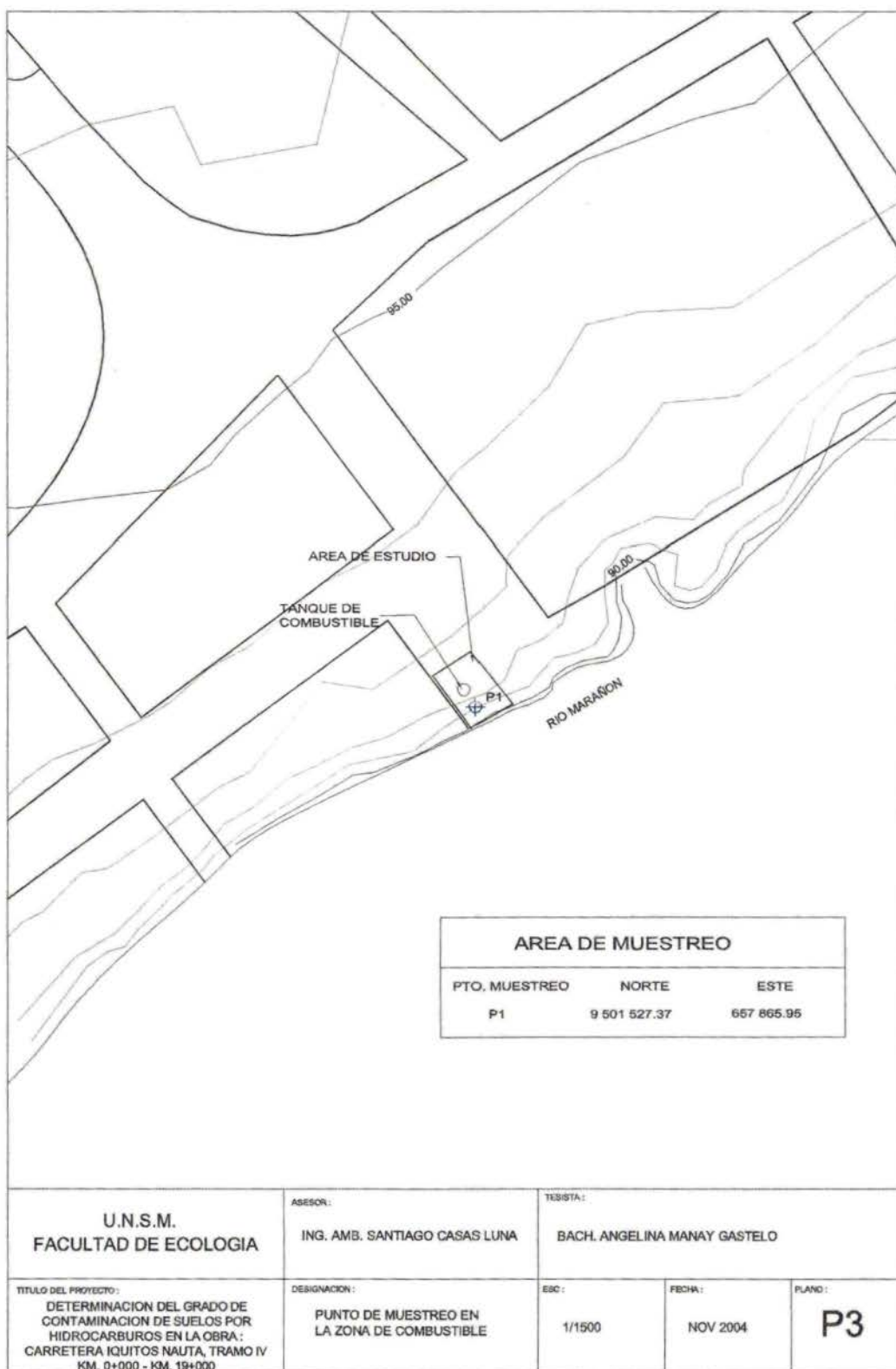
TITULO DEL PROYECTO:  
DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION  
DE SUELOS POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA:  
CARRETERA IQUITOS-NAUTA, TRAMO IV  
Km. 0+000.00 - Km. 19+000.00

UBICACION:  
UBICACION DE PUNTOS  
DE MUESTREO DEL CAMPAMENTO DE  
LAS PLANTAS INDUSTRIALES KM. 2+400

FECHA:  
NOV 2004

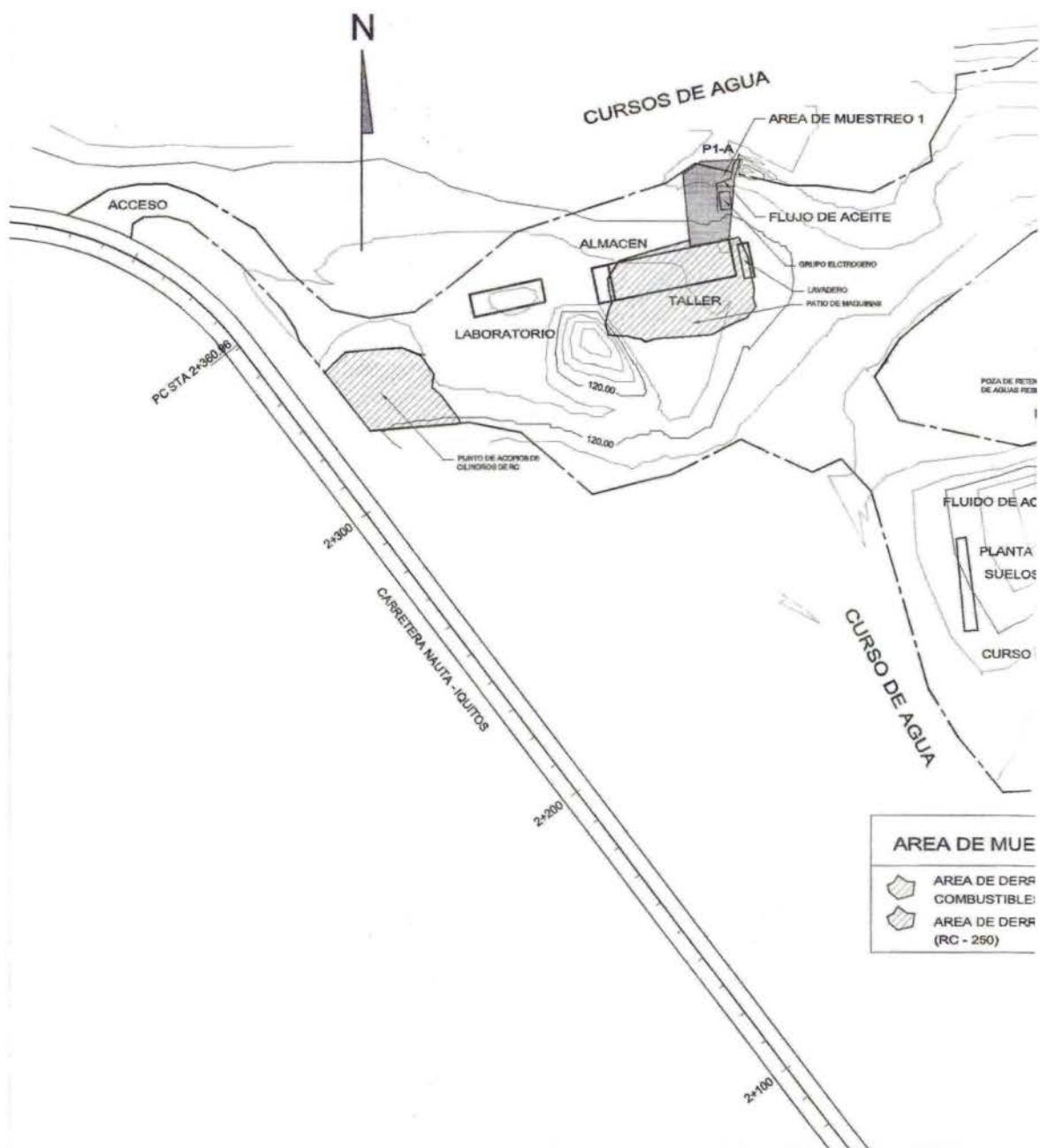
ESCALA:  
1/1500

PLANO:  
P2



<b>U.N.S.M.</b> <b>FACULTAD DE ECOLOGIA</b>	<b>ASESOR:</b> ING. AMB. SANTIAGO CASAS LUNA	<b>TESISTA:</b> BACH. ANGELINA MANAY GASTELO		
	<b>DESIGNACION:</b> PUNTO DE MUESTREO EN LA ZONA DE COMBUSTIBLE	<b>ESCALA:</b> 1/1500	<b>FECHA:</b> NOV 2004	<b>PLANO:</b> <b>P3</b>

**TITULO DEL PROYECTO:**  
 DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE SUELOS POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA: CARRETERA IQUITOS NAUTA, TRAMO IV KM. 0+000 - KM. 19+000



U.N.S.M.

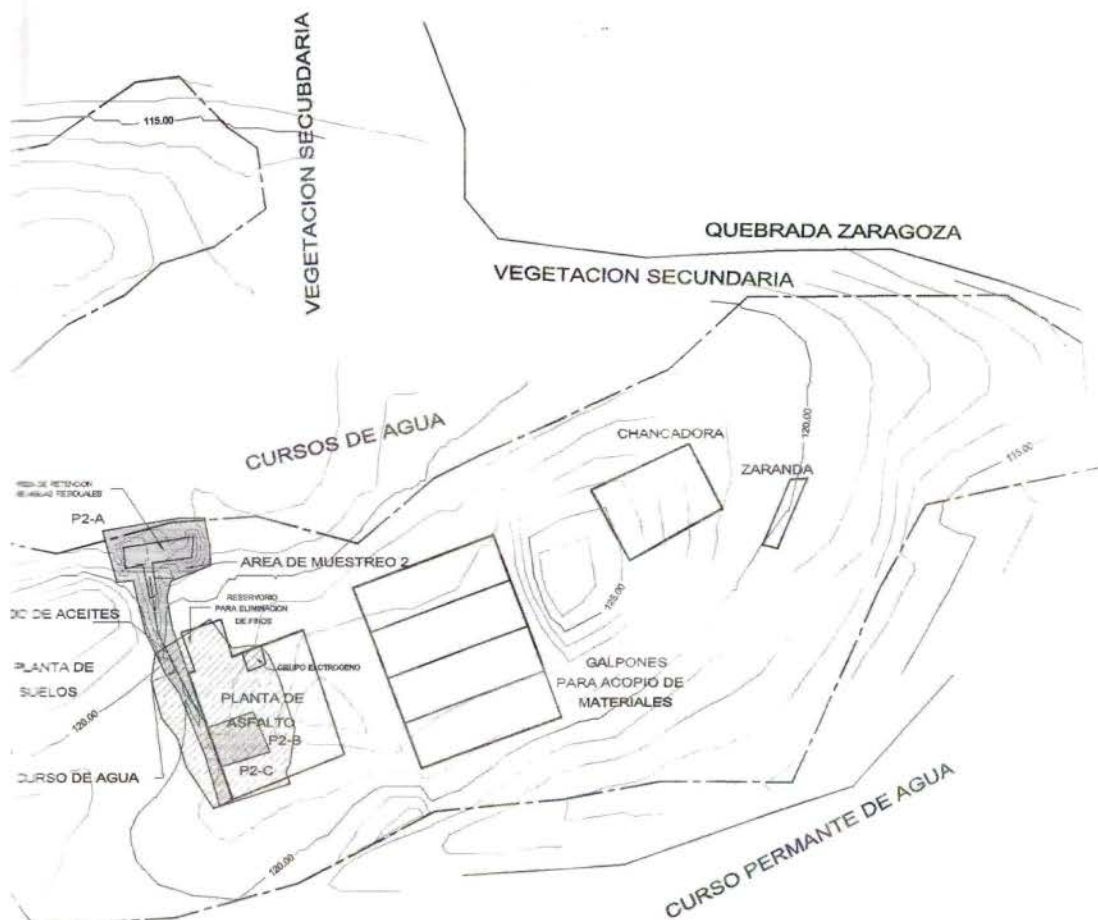
FACULTAD DE ECOLOGIA

ASesor:

ING. AMB. SANTIAGO CASAS LUNA

BOBETA:

BACH. ANGELINA MANAY CA



AREA DE MUESTREO -1= 311.85 m<sup>2</sup>

AREA DE DERRAME DE ACEITES Y  
SOLUBILES = 998.8 m<sup>2</sup>  
AREA DE DERRAME DE ASFALTO LIQUIDO = 605.0 m<sup>2</sup>  
(50)

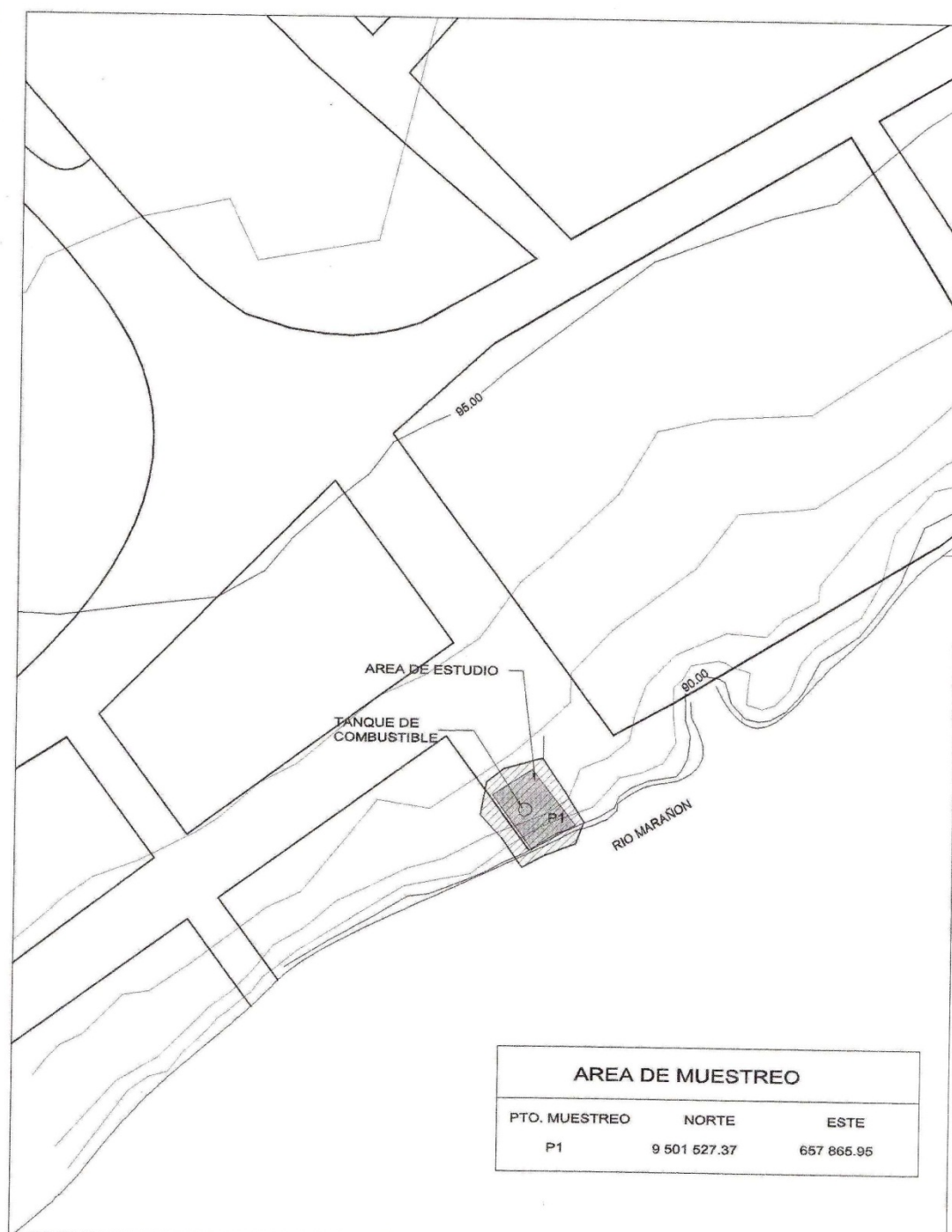
AREA DE MUESTREO -2= 866.20 m<sup>2</sup>



AREA DE DERRAME DE HIDROCARBUROS = 1029.0m<sup>2</sup>  
(BUNKER)

NAY GASTELO	TITULO DEL PROYECTO: DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE SUELOS POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA: CARRETERA IQUITOS- NAUTA, TRAMO IV Km. 0+000.00 - Km. 19+000.00	DENOMINACION: DELIMITACION DE ZONAS DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS	FECHA: NOV 2004	ESCALA: 1/1500	PUNTO: P4
-------------	---	--	--------------------	-------------------	--------------





<b>U.N.S.M.</b> <b>FACULTAD DE ECOLOGIA</b>	<b>ASESOR:</b> <b>ING. AMB. SANTIAGO CASAS LUNA</b>		<b>TESISTA:</b> <b>BACH. ANGELINA MANAY GASTELO</b>	
	<b>TITULO DEL PROYECTO:</b> <b>DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE SUELOS POR HIDROCARBUROS EN LA OBRA: CARRETERA IQUITOS NAUTA, TRAMO IV KM. 0+000 - KM. 19+000</b>	<b>DESIGNACION:</b> <b>PUNTO DE MUESTREO EN LA ZONA DE COMBUSTIBLE</b>	<b>ESCALA:</b> <b>1/1500</b>	<b>FECHA:</b> <b>NOV 2004</b>
			<b>PLANO:</b> <b>P5</b>	